

5087 / UT / H / 93 ✓

## TUGAS AKHIR

# DESIGN FILTER



25 NOV 1992  
#  
470 / TA

Oleh :

UT  
672.272  
P.4  
Q.1  
1922

Teguh Budijono

Nrp : 3863300094

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1992

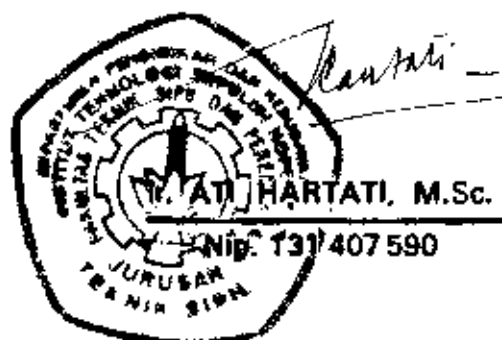


# **TUGAS AKHIR**

# **DESIGN FILTER**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**1992**

## ABSTRAK

### DESIGN FILTER

Tugas akhir ini merupakan perencanaan pengolahan air bersih dengan penekanan pada perencanaan filter berkapasitas 80 l/det. Air baku yang digunakan dalam perencanaan ini berasal dari Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro.

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu penggunaan data sekunder air baku Bengawan Solo tahun 1990, 1991 dan 1992, analisa air baku untuk parameter parameter tertentu sebagai penunjang perencanaan bangunan filter serta analisa terhadap media yang akan digunakan dalam perencanaan. Kualitas air baku Bengawan Solo menunjukkan parameter suspended solid, besi, amonia, kekeruhan dan warna perlu pengolahan terlebih dahulu untuk memenuhi standart kualitas air bersih yang ditetapkan.

Didalam pemilihan jenis media yang akan digunakan, pasir kwarsa dan batubara menunjukkan pengurangan berat terhadap pengaruh asam kurang dari 2 %.

Berdasarkan pada kualitas effluent hasil filtrasi dan head-loss yang terjadi, ketebalan media 90cm dianggap lebih sesuai untuk pengolahan air Sungai Bengawan Solo. Kontrol ketinggian air tetap (Constant-rate) dengan menggunakan bukaan valve menunjukkan ketinggian air diatas media sebesar 109,359cm. Pencucian pada filter dilakukan dengan menggunakan kombinasi antara air dan udara serta menggunakan pipa underdrain dan strainer. Periode pengoperasian setiap filter selama 24 jam, dengan selang waktu antara filter dicuci dan filter beroperasi 8 jam.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat ALLAH SWT, dengan selasainya Tugas Akhir saya mengenai perencanaan dengan judul : DESIGN FILTER

Tugas akhir merupakan salah satu mata kuliah tahap sarjana yang harus dipenuhi mahasiswa Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Untuk dapat menyelesaikan program pendidikan strata 1 (S1).

Tugas akhir ini merupakan perencanaan bangunan pengolahan air bersih, dengan air baku berasal dari Sungai Bengawan Solo dan penekanan perencanaan pada bangunan filter.

Pada kesempatan ini, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini, baik berupa kesempatan, sarana, informasi dan bimbingan. Tanpa mengurangi arti dari yang lain, secara khusus kepada :

1. Ir. Ati Hartati MSc, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. DR.Ir. Wahyono Hadi M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
3. Ir Sarwako M. M.Sc.ES, selaku kordinator Tugas Akhir.
4. Achmad. Darmawan.BE, selaku Kepala Bagian PDAM Bojonegoro.
5. Proyek Penyediaan Sarana Air Bersih, Jawa Timur

6. Karyawan Laboratorium Teknik Lingkungan ITS, yang telah membantu selama pelaksanaan analisa laboratorium.
7. Rekan rekan mahasiswa Teknik Lingkungan, serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya saya menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini, baik mengenai penulisan, penyusunan dan pembahasannya. Untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang dapat menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Harapan saya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, 2 Oktober 1992

Penyusun

teguh budijono

# DAFTAR ISI

---

	<i>Halaman</i>
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix

## BAB I : PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Ide Studi .....	I-3
1.3. Hipotesa .....	I-3
1.4. Ruang Lingkup .....	I-4
1.5. Kualitas Air Baku .....	I-5

## BAB II : STUDI PUSTAKA

2.1. Mekanisme Filter .....	II-2
2.1.1. Straining .....	II-3
2.1.2. Mekanisme Pengangkutan .....	II-3
2.1.3. Mekanisme Pelekatan .....	II-6
2.1.4. Mekanisme Pengelupasan .....	II-7
2.2. Hidrolika Aliran .....	II-7
2.3. Uraian Matematika untuk Filter .....	II-13
2.3.1. Persamaan Aliran .....	II-14
2.3.2. Mass Balance Equation .....	II-15
2.3.3. Posisi Butiran dan Porositas .....	II-18
2.3.4. Luas Permukaan Selama Clogging.....	II-20
2.3.5. Ukuran Butiran Selama Clogging .....	II-22

2.4. Backwash .....	II-25
2.4.1. Pencucian Dengan Air .....	II-27
2.4.2. Pencucian Dengan Udara dan Air .....	II-28
2.4.3. Multi Media Beds .....	II-30
2.4.4. Teori Matematika Untuk Backwash .....	II-33

### **BAB III : KONSEP DASAR PERENCANAAN**

3.1. Pemilihan Alternatif Pengolahan .....	III-3
3.2. Intake .....	III-7
3.3. Pembubuhan Chlor .....	III-8
3.3.1. Prinsip Chlorinasi Dalam Air	
Minum .....	III-8
3.3.2. Reaksi Dengan Amonia .....	III-11
3.3.3. Reaksi Dengan Besi .....	III-13
3.3.4. Kebutuhan Chlor Untuk Disinfeksi .....	III-13
3.4. Pembubuhan Kapur .....	III-16
3.5. Pembubuhan Aluminium Sulfat .....	III-17
3.6. Mixing .....	III-18
3.6.1. Pengaduk Cepat .....	III-19
3.6.2. Pengaduk Lambat .....	III-20
3.7. Sedimentasi .....	III-21
3.8. Filtrasi .....	III-29
3.8.1. Jenis, Ukuran dan Jumlah Filter .....	III-29
3.8.2. Kecepatan Filtrasi dan Terminal	
Head-loss .....	III-31
3.8.3. Rencana Pengontrolan Aliran	
Filtrasi .....	III-33
3.8.4. Kedalaman Media, Ukuran dan	
Material .....	III-37
3.8.5. Pencucian Filter .....	III-38

#### **BAB IV : PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN FILTER**

4.1. Pemilihan Media .....	IV-2
4.1.1. Contoh Perhitungan .....	IV-9
4.1.2. Media Penyangga .....	IV-16
4.2. Underdrain System .....	IV-16
4.3. Sistem Pengontrolan aliran .....	IV-42
4.3.1. Kontrol Ketinggian air .....	IV-42
4.3.2. Kontrol Bukaan Valve .....	IV-45
4.4. Sistem Inlet .....	IV-72
4.5. Sistem Pencucian .....	IV-74
4.5.1. Head-loss Pada Pipa .....	IV-75
4.5.2. Penggunaan Pompa .....	IV-77
4.6. Saluran Air pencuci .....	IV-83
4.7. Pengoperasian .....	IV-84

#### **BAB V : KESIMPULAN**

DAFTAR PUSTAKA .....	xi
LAMPIRAN .....	xiv
GAMBAR .....	xv



## DAFTAR TABEL

Halaman

### BAB I : PENDAHULUAN

Tabel (1-1) : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro Tahun 1990 .....	I-6
(1-2) : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro Tahun 1990 .....	I-7
(1-3) : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro Tahun 1990 .....	I-8

### BAB III : KONSEP DASAR PERENCANAAN

Tabel (3-1) : Metode Pengolahan Air .....	III-6
---	-------

### BAB IV : PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN FILTER

Tabel (4-1) : Hasil Perhitungan Dengan Koefisien Filter $2,599302 \text{ m}^{-4}$ .....	IV-9
(4-2) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=80\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,002083\text{m/det}$ .....	IV-22
(4-3) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=90\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,002083\text{m/det}$ .....	IV-25
(4-4) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=100\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,002083\text{m/det}$ .....	IV-27
(4-5) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=80\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,004166\text{m/det}$ .....	IV-29
(4-6) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=90\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,004166\text{m/det}$ .....	IV-33
(4-7) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent $L=100\text{Cm}$ ; $C_e=0,2\text{kg/m}^3$ ; $V=0,002083\text{m/det}$ .....	IV-36
(4-8) : Head-loss Pada Media Penyangga .....	IV-41

(4-9) : Head-loss Saat Satu Filter Dicuci	
$C_e = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ; $L = 90 \text{ cm}$ .....	IV-49
(4-10): Head-loss Saat Satu Filter Dicuci	
$C_e = 0,3 \text{ kg/m}^3$ ; $L = 90 \text{ cm}$ .....	IV-59
(4-11): Head-loss Yang Terjadi Pada Gate Valve	
Dengan $V = 0,002083 \text{ \& } 0,004166 \text{ m/det}$ .....	IV-71
(4-12): Head-loss dan Ketebalan Media Saat	
Dilakukan Backwash ( $C_o = 300 \text{ mg/l}$ ) .....	IV-78
(4-13): Head-loss dan Ketebalan Media Saat	
Dilakukan Backwash ( $C_o = 200 \text{ mg/l}$ ) .....	IV-80
(4-14): Head-loss dan Ketebalan Media Saat	
Backwash Dengan Air .....	IV-82

## DAFTAR GAMBAR

---

Halaman

### BAB II : STUDI PUSTAKA

Gambar (2-1) : Mekanisme Pengangkutan Pada Filtrasi .....	II-6
(2-2) : Singgungan Dua Media .....	II-23

### BAB III : KONSEP DASAR PERENCANAAN

Gambar (3-1) : Alternatif Pengolahan Air Minum .....	III-5
(3-2) : Distribusi $\text{HOCl}$ Pada Beberapa pH .....	III-11
(3-3) : Grafik Break Point Chlorination .....	III-15
(3-4) : Hubungan Antara Waktu Kontak dan Jenis Mikroorganisme .....	III-15
(3-5) : Waktu Kontak dan Sisa Chlor yang Dibutuh kan Untuk Membunuh 99% <i>Eschericia Coli</i> .....	III-16
(3-6) : Type Dari Sedimentasi .....	III-23
(3-7) : Kurva Mengendap Untuk Partikel Diskrit .....	III-27
(3-8) : Removal Partikel Flokulen .....	III-28
(3-9) : Head-loss Pada Filter .....	III-32
(3-10) : Sistem Pengontrolan Aliran Pada Filter .....	III-36
(3-11) : Hubungan Antara Kedalaman dan Ukuran Media .....	III-38

### BAB IV : PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN FILTER

Gambar (4-1) : Flow Diagram Perhitungan Filter .....	IV-3
(4-2) : Konsentrasi Effluent ( $L = 80 \text{ Cm}$ ; $V = 0,002083 \text{ m/det}$ ) .....	IV-23
(4-3) : Head-loss Pada Filter ( $L = 80 \text{ Cm}$ ; $V = 0,002083 \text{ m/det}$ ) .....	IV-24

(4-4) : Konsentrasi Effluent	
(L = 90 Cm ; V = 0,002083 m/det)	IV-26
(4-5) : Konsentrasi Effluent	
(L = 100 Cm ; V = 0,002083 m/det)	IV-28
(4-6) : Konsentrasi Effluent	
(L = 80 Cm ; V = 0,004166 m/det)	IV-30
(4-7) : Head-loss Pada Filter	
(L = 80 Cm ; V = 0,004166 m/det)	IV-31
(4-8) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent	
(L = 80 Cm)	IV-32
(4-9) : Konsentrasi Effluent	
(L = 90 Cm ; V = 0,004166 m/det)	IV-34
(4-10): Head-loss dan Konsentrasi Effluent	
(L = 90 Cm ; V = 0,004166 m/det)	IV-35
(4-11): Konsentrasi Effluent	
(L = 100 Cm ; V = 0,004166 m/det)	IV-37
(4-12): Head-loss dan Konsentrasi Effluent	
(L = 100 Cm ; V = 0,00416 m/det)	IV-38
(4-13): Perbandingan Head-loss Pada Saat	
V = 0,002083 & V = 0,004166 m/det	IV-39
(4-14): Perbandingan Konsentrasi Efluent Pada	
V = 0,002083 & V = 0,004166 m/det	IV-40
(4-15): Kurva Head-loss Pada Pengoperasian	
Dua Filter (Co = 200 mg/l)	IV-69
(4-16): Kurva Head-loss Pada pengoperasian	
Dua Filter (Co = 300 mg/l)	IV-70

## BAB I

### PENDAHULUAN

---

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Air merupakan kebutuhan pokok dimana hampir setiap aktifitas manusia selalu berkaitan dengan air bersih, terutama air minum. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan manusia ini dapat diambil dari mata air, air sungai, air hujan dan air tanah dalam. Untuk memenuhi air bersih perkotaan biasanya

diambil dari air sungai karena bila ditinjau dari kuantitas dan kontinuitas makasungai menempati urutan pertama dari seluruh alternatif diatas.

Pada daerah perkotaan di Indonesia, umumnya air sungai telah tercemar oleh sisa sisa aktifitas kehidupan manusia, sehingga untuk memanfaatkan air sungai sebagai sumber air baku untuk penyediaan air bersih perlu dipikirkan alternatif pengolahannya.

Dalam pengolahan air minum dengan air sungai sebagai sumber air baku menunjukkan bahwa bangunan filter memegang peran penting dalam berkontribusi kualitas air yang dihasilkan. Hal ini disebabkan filtrasi merupakan proses pengolahan terakhir untuk meremoval partikel partikel tersuspensi dalam air.

Kali Bengawan Solo adalah sebuah sungai besar yang bersumber di Jawa Tengah dan mengalir hingga Jawa Timur. Tidak kurang dari dua Kabupaten di Jawa Timur yang memanfaatkan Kali Bengawan Solo sebagai sumber air baku untuk memproduksi air bersih melalui bangunan pengolahan air minum yaitu Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Lamongan masing masing dengan kapasitas produksi 40 l/det dan 50 l/det. Untuk Lamongan setelah pekerjaan PPPKT diharapkan menjadi 70 l/det (setelah rehabilitasi). Dengan demikian, Kali Bengawan Solo mempunyai peran penting bagi perkembangan Jawa Timur terutama dua Kabupaten yang dilewati Kali Bengawan Solo tersebut.

## 1.2. IDE STUDI

Pengamatan dilapangan dan beberapa literatur menunjukkan bahwa filter merupakan salah satu unit bangunan dalam bangunan pengolahan air minum yang paling dominan dalam berkontribusi kualitas air yang diharapkan. Disamping merupakan unit bangunan yang seringkali mengalami permasalahan dalam pengoperasiannya.

Untuk mendapatkan bangunan filter yang baik faktor perencanaan (design) merupakan awal dari semuanya. Dengan perencanaan yang baik dalam arti teknologi yang digunakan, diharapkan permasalahan permasalahan yang berkaitan dengan filter dapat diminimalkan.

## 1.3. HIPOTESA

Apabila suatu aliran air berkandungan solid dilewatkan pada suatu filter bed maka akan terjadi suatu proses penjernihan, dimana partikulat partikulat penyebab kekeruhan akan terdegradasi sepanjang media berbutir yang porous melalui proses fisik kimia. Reaksi fisika yang mungkin terjadi adalah straining, mekanisme pengangkutan dan mekanisme pelekatan.

Mekanisme dan kecepatan filtrasi tergantung pada jenis, diameter dan ketebalan media yang digunakan, kualitas air masuk filter (influent filter). Reaksi berikutnya terkadang dipengaruhi oleh sifat kimia dan biologis, meskipun pada filter cepat kejadian ini jarang terjadi.

Beberapa penelitian menunjukkan untuk ukuran partikulat lebih besar dari  $100\mu\text{m}$ , straining pada media porous merupakan mekanisme filtrasi yang dominan (Moroudas and Eisenklam, 1985 ;b. Tien et al, 1979). Pada waktu yang bersamaan straining merupakan fenomena yang tidak begitu diinginkan karena dapat menutup bukaan (pori) permukaan media dan meningkatkan kehilangan tekanan (head loss) secara cepat (Ives, 1982). Dengan demikian pada pemilihan dan penggunaan media filter perlu pemilihan ukuran dari media guna meminimalkan fenomena straining (Boller, 1980).

Deangan demikian penggunaan media yang baik untuk filter adalah bila lapisan atas media berbutir kasar dan makin kebawah makin halus butirannya. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan media yang mempunyai Spesifik Grafity yang berbeda, agar susunan media tetap terjaga saat dilakukan pencucian filter secara backwash.

#### 1.4. RUANG LINGKUP

Dalam perencanaan ini tidak berpijak pada suatu daerah tertentu sebagai suatu daerah tinjauan yang akan dibangun fasilitas bangunan pengolahan air minum, namun perencanaan ini lebih ditekankan pada perencanaan bangunan pengolahan air minum terutama bangunan filter dengan Kali Bengawan Solo sebagai sumber air baku.



Besarnya kapasitas produksi berdasarkan pada kebutuhan air daerah tinjauan. Dimana daerah tinjauan yang digunakan adalah Kabupaten Bojonegoro yang saat ini sudah menggunakan Kali Bengawan Solo sebagai sumber air baku dan hingga tahun 2000 nanti kebutuhan akan air bersih diperkirakan meningkat hingga 70 l/det.

#### 1.5. KUALITAS AIR BAKU

Berdasarkan dari hasil analisa kualitas air baku Kali Bengawan Solo selama 23 bulan pada tahun 1980, 1991, 1992 di lokasi Bangunan Pengolahan Air Minum Bojonegoro yang dilakukan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pos Surabaya dan Departemen Pekerjaan Umum Kanwil Propinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel (1-1), (1-2) dan (1-3).

KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO DI BOJONEGORO TAHUN 1990, 1991 DAN 1992

NO	PARAMETER	SATUAN	STANDAR	1990											
				AIR BERSIH	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FISIKA															
1	Temperature	C	Suhu udara	29.5	29.5	29.5	29.5	28	29.5	29	29	29	29	29.5	
2	Jumlah Padatan Terlarut	mg/l	1500	276	369	747	879	450	421	360	306	432	462	689	
3	Warna	Pt-Co	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
KIMIA															
4	pH	-	6.5 - 9.2	7.2	8.3	7	7.5	8.6	7.5	7.85	8.03	8.17	6.9	7.94	
5	Barium (Ba)	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Besi (Fe)	mg/l	1	0	0.59	0	0	0	1.7	0	0	0	4.75	4.11	
7	Mangan (Mn)	mg/l	0.5	0	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	
8	Tembaga (Cu)	mg/l	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Seng (Zn)	mg/l	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Krom hexavalen (Cr)	mg/l	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	Raksa (Hg)	mg/l	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Timbal (Pb)	mg/l	0.1	.0025	.0025	.0012	.0032	.0020	.0021	.0014	.0053	.0024	.0024	.0021	
14	Arsen (As)	mg/l	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	Selenium (Se)	mg/l	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	Sulfida (S)	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	Fluorida (F)	mg/l	1 - 2	0.65	0.72	0.7	0.65	0.75	0.75	0.86	0.78	0.78	0.05	0.86	
19	Klorida (Cl)	mg/l	600	26.02	32.03	16.02	48.05	34.03	28.03	56.05	46.05	16.04	40.04	22.02	
20	Sulfat (SO <sub>4</sub> )	mg/l	400	15	15	28	105	54	14	9	11	38	26	23	
21	Amonia (NH <sub>4</sub> )	mg/l	0	0	0.04	0	0.02	0.02	0.1	0.05	0.03	0.08	0.1	0.4	
22	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	20	5	5	5	5	2.5	4.43	4.4	3.0	2.5	2.5	2.5	
23	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	1	0	0	0	0	0	0.066	0.49	0	0.06	0	0.066	
24	Isot organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	10	6.15	4.59	3.18	3.65	3.1	7.76	4.61	2.37	4.25	8.61	8.61	
25	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	> 4	6.7	6.7	3.2	4.9	7.85	5.7	4.3	6.0	6.3	5.8	6.5	
26	BCO <sub>3</sub>	mg/l	-	2.2	2.1	10.2	7.1	5.61	3.0	5.4	3.1	2.4	6.2	2.8	
27	CCO <sub>3</sub>	mg/l	-	6.7	10.26	30.77	16.51	10.28	9.51	14.63	11.4	8.13	18.6	7.8	
28	Detergen Anionik (end)	mg/l	0.002	0	0	0.05	0.05	0	0	0	0	0.05	0	0	
29	Minyak dan lemak	mg/l	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	Karbon klorofom ekstrak	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	PCP	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PESTISIDA															
32	Pestisida	mg/l	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BAKTERIOLOGI															
33	Total bakteri coli	/100ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DIKIMIA															
34	Daya hantar listrik	umhos/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	Ketukutan	mg/15i02	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
36	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> ) sbg CaCO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	Jumlah alkaliniti sbg CaCO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	Jumlah kesadahan sbg CaCO <sub>3</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Tabel 1 - 1 : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo di Bojonegoro Tahun 1990

Catatan : 1. Kualitas air berdasarkan pemeriksaan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pos Surabaya  
2. 2. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Kanwil Propinsi Jatim

KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO DI BOJONEGORO TAHUN 1990, 1991 DAN 1992

NO	PARAMETER	SATUAN	STANDAR	1991											
				AIR BERSIH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
FISIKA															
1	Temperature	C	Suhu udara	29.5	29	28	28	-	29.5	29	29.5	28.5			
2	Jumlah Padatan Terlarut	mg/l	1500	688	378	235	223	-	297	672	350	564			
3	Warna	Pt-Co	50	-	-	85	5	-	-	-	-	-			
KIMIA															
1	pH	-	6.5 - 9.2	7.78	7.03	7.5	7.26	8.7	7.02	7.57	6.7	7.21			
2	Barium (Ba)	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3	Besi (Fe)	mg/l	1	4.4	0	0.36	0	0.4	0	0	0	0			
4	Mangan (Mn)	mg/l	0.5	0	0	0	0.05	0.3	0	0	0	0			
5	Tembaga (Cu)	mg/l	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	Seng (Zn)	mg/l	15	0	0	0.02	0	0.4	0	0	0	0			
7	Krom hexavalen (Cr)	mg/l	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
8	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
9	Raksa (Hg)	mg/l	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	Timbal (Pb)	mg/l	0.1	0.0027	0.0021	0	0	0	0.0021	0.0031	0.0022	0.0021			
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
12	Selenium (Se)	mg/l	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
13	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14	Sulfida (S)	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15	Fluorida (F)	mg/l	1 - 2	0.67	0.65	0	0	0	0.76	0.86	0.67	0.65			
16	Klorida (Cl)	mg/l	600	24.02	32.03	18.5	42.07	59.30	36	40.80	26.03	16.02			
17	Sulfat (SO4)	mg/l	400	21	42	27.26	36.24	43.55	42	36	20.4	24			
18	Amonia (NH4)	mg/l	0	0.06	0.05	-	-	-	0.05	0.03	0.05	0.07			
19	Nitrat (NO3)	mg/l	20	2	2.5	0.43	9.96	0	2.4	1.108	2	2.5			
20	Nitrit (NO2)	mg/l	1	0	0	0.07	0.04	0	0	0.015	0.322	0			
21	Zat organik (KMnO4)	mg/l	10	6.24	4.24	28.5	28.5	27.73	6.71	4.12	2.46	4.13			
22	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	> 4	5.02	6.8	-	-	-	1.4	4.8	5.1	6.4			
23	BOD	mg/l	-	5.1	2.6	-	-	-	24.8	8	5.5	3.5			
24	COD	mg/l	-	18.35	10.4	-	-	-	64	20.93	17.6	14.7			
25	Detergen Anionik	mg/l	-	0	0	-	-	-	0	0	0	0			
26	Fenol	mg/l	0.002	0	0	-	-	-	0	0	0	0			
27	Minyak dan lemak	mg/l	-	0	0	-	-	-	0	0	0	0			
28	Karbon klorofora ekstrak	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
29	PCB	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PESTISIDA															
1	Pestisida	mg/l	-	0	0	-	-	-	0	0	0	0			
BAKTERIOLOGI															
1	Total bakteri coli	/100ml	-	-	-	0	0	23	-	-	-	-			
Daya hantar listrik															
1	Daya hantar listrik	umhos/cm	-	-	-	391	367	-	-	-	-	-			
2	Kekeruhan	mg/l	25	-	-	780	210	-	-	-	-	-			
3	Bikarbonat (HCO3) sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
4	Carbon dioxide (CO2)	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
5	Jumlah alkalinitas sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
6	Jumlah kesadahan sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

TABEL 1 - 2 : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Di Bojonegoro Tahun 1991

Catatan : 1. Kualitas air berdasarkan pemeriksaan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pos Surabaya  
2. 1. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Kanwil Propinsi Jatim ; 2. Air permukaan disarankan lebih

## KUALITAS AIR SUNGAI BENGAWAN SOLO DI BOJONEGORO TAHUN 1990, 1991 DAN 1992

NO	PARAMETER	SATUAN	STANDAR AIR BERSIH	1992			ITS
				1	2	3	
FISIKA							
1	Temperature	C	Suhu udara	28	28	28	2660
2	Jumlah Padatan Terlarut	mg/l	1500	532	367	426	
3	Warna	Pt-Co	50	-	-	-	
KIMIA							
1	pH	-	6.5 - 9.2	7.45	7.2	7.0	6.47
2	Barium (Ba)	mg/l	-	-	-	-	-
3	Besi (Fe)	mg/l	1	0	0.6	0	6.4
4	Mangan (Mn)	mg/l	0.5	0	0.05	0	0.13
5	Tembaga (Cu)	mg/l	1.5	0	0	0	-
6	Seng (Zn)	mg/l	15	0	0	0	-
7	Krom hexavalen (Cr)	mg/l	0.05	0	0	0	-
8	Kadmium (Cd)	mg/l	0.01	-	-	-	-
9	Raksa (Hg)	mg/l	0.001	0	0	0	0
10	Timbal (Pb)	mg/l	0.1	.0022	.0021	.0023	-
11	Arsen (As)	mg/l	0.05	-	-	-	0
12	Selenium (Se)	mg/l	0.01	-	-	-	-
13	Sianida (CN)	mg/l	0.05	0	0	0	-
14	Sulfida (S)	mg/l	0	0	0	0	-
15	Fluorida (F)	mg/l	1 - 2	0.72	0.72	0.67	0
16	Klorida (Cl)	mg/l	600	12.01	19.90	25.87	28
17	Sulfat (SO4)	mg/l	400	11	9	2	20.11
18	Amonia (NH4)	mg/l	0	0	0.05	0.05	2.37
19	Nitrat (NO3)	mg/l	20	2	2	3	1.13
20	Nitrit (NO2)	mg/l	1	0	0	0.19	0
21	Zat organik (KMnO4)	mg/l	10	5.31	3.72	1.84	-
22	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	> 4	5.4	6.9	4.3	-
23	BOD	mg/l	-	5.72	3.5	7.9	-
24	COD	mg/l	-	23.81	10.29	19.51	-
25	Detergen Anionik	mg/l	-	0	0.05	0.015	-
26	Fenol	mg/l	0.002	0	0	0	-
27	Minyak dan lemak	mg/l	-	0	0	0	-
28	Karbon kloroform ekstrak	mg/l	-	-	-	-	-
29	PCB	mg/l	-	-	-	-	-
PESTISIDA							
1	Pestisida	mg/l	-	0	0	0	-
BAKTERIOLOGI							
1	Total bakteri coli	/100ml	-	-	-	-	-
FIKSIKA							
1	Daya hantar listrik	umhos/cm	-	-	-	-	165
2	Kekerasan	mg/lSiO2	25	-	-	-	1300
3	Bicarbonat (HCO3) sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	121.5
4	Carbon dioxide (CO2)	mg/l	-	-	-	-	42.5
5	Jumlah alkalinitas sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	164
6	Jumlah kesadahan sbg CaCO3	mg/l	-	-	-	-	89.31

TABEL (1 - 3) : Kualitas Air Sungai Bengawan Solo Di Bojonegoro Tahun 1992 Dan ITS

Catatan : 1. Kualitas air berdasarkan pemeriksaan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Pos Surabaya  
 2. 1. Berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum Kanwil Propinsi Jatim  
 3. Air permukaan disarankan lebih dari 4

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

---

Secara umum proses filtrasi dapat diartikan proses yang digunakan pada pengolahan air bersih dan air buangan untuk memisahkan bahan bahan pengotor (partikulat) yang terdapat dalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga partikulat akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang

dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus asbestos fiber dan koloid koloid tanah tergantung pada perencanaan parameter parameter yang digunakan.

Filter dapat diklasifikasikan berdasarkan aliran yang melewati filter bed seperti down-flow, up-flow, horizontal-flow, bi-flow, radial-flow, fine to coarse atau coarse to fine. Mungkin klasifikasi berdasarkan media yang digunakan seperti pasir, batu bara (anthracite), pasir-batu bara, multi layer, mix media, filter kain atau diatomaceous earth (precoat filter). Filter dapat juga diklasifikasikan berdasarkan flow-rate seperti filter lambat (slow sand filter) dan filter cepat (rapid sand filter), lainnya berdasarkan karakteristik aliran dari filter adalah filter bertekanan (pressure filter) atau filter gravitasi.<sup>(8)</sup>

## 2.1. MEKANISME FILTER<sup>(11,15,18)</sup>

Untuk filter dengan screen atau membran sebagai media, mekanisme pemisahan partikulat adalah *straining* dimana partikulat yang lebih besar dari bukaan pori akan tertahan pada permukaan. Pada filter dengan menggunakan media berbutir (granular deep bed filter) partikulat dapat masuk sepanjang kedalaman media filter dan mekanisme pemisahan yang terjadi sangat komplek. Umumnya partikulat akan terangkut melalui garis

aliran air mengikuti gaya gravitasi, gradien diffusi dan efek inertial dari momentum (Mintz 1966; Agrawal 1988; O Meliaan Stumm 1967; Ison and Ives 1969). Mekanisme yang dominan akan tergantung pada kualitas air, karakteristik fisik dari partikulat, media filter dan kecepatan filtrasi. Beberapa partikulat akan terpisah secara sederhana melalui proses *straining* sedangkan pemisahan partikulat yang lebih kecil dapat terpisah melalui dua jenis mekanisme yaitu mekanisme *pangangkutan* (*transport mechanishm*) dan *pelekatan* (*attachement*).

#### 2.1.1. Straining

Straining terjadi bilamana partikulat mempunyai ukuran yang lebih besar daripada bukaan pori dalam butiran media, peristiwa ini umumnya terjadi pada permukaan media. Pada kenyataannya dimungkinkan partikel partikel yang lebih kecil dari bukaan pori terpisah oleh karena pengumpulan partikulat pada permukaan media akan memperkecil bukaan pori.

#### 2.1.2. Mekanisme Pengangkutan

##### Impaction

Pengangkutan partikulat dengan *impaction* terjadi ketika inertia dari partikulat yang mendekati butiran media lebih besar dari gaya hidrodinamik, pada umumnya mekanisme ini tidak begitu berarti pada filtrasi air (Agrawal 1988; Ison and Ives 1969).

### Hydrodynamic forces

Karena ketidak seragaman distribusi geser dari pada ruang pori dan efek ekspansi, beberapa partikel mungkin terangkut gaya hidrodinamik keluar dari garis aliran pada permukaan dari butiran. Dengan demikian efisiensinya ditentukan oleh kondisi aliran. Pada aliran laminar mekanisme ini tidaklah penting.

### Interception

Partikulat yang terpisah dari garis aliran masuk kecelah celah pada jarak tertentu dari permukaan butiran media, terletak setengah dari permukaan media karena adanya butiran yang menghalangi. Perkiraan kumulatif dari mekanisme ini menurut Yao, et al 1971 mengikuti persamaan :

$$\eta_i = \left[ \frac{dp}{dm} \right]^2 \dots\dots\dots (2 - 1)$$

dimana :  $dp$  = diameter partikulat

$dm$  = diameter butiran

### Sedimentation

Partikulat dengan densitas yang lebih besar dari densitas air cenderung untuk menyimpang dari garis aliran. Pengaruh dari densitas, ukuran partikel dan kecepatan dari efisiensi pengumpulan karena sedimentasi dapat terlihat sebagai berikut (Agrawal 1966; Yao 1968)



$$\eta_s = \frac{\Delta \rho d^2}{18 \mu v_o} \dots\dots\dots(2 - 2)$$

dimana :  $\Delta \rho$  = perbedaan densitas antara air dan partikulat

$\mu$  = viskositas

$v_o$  = kecepatan superficial

#### Diffusion

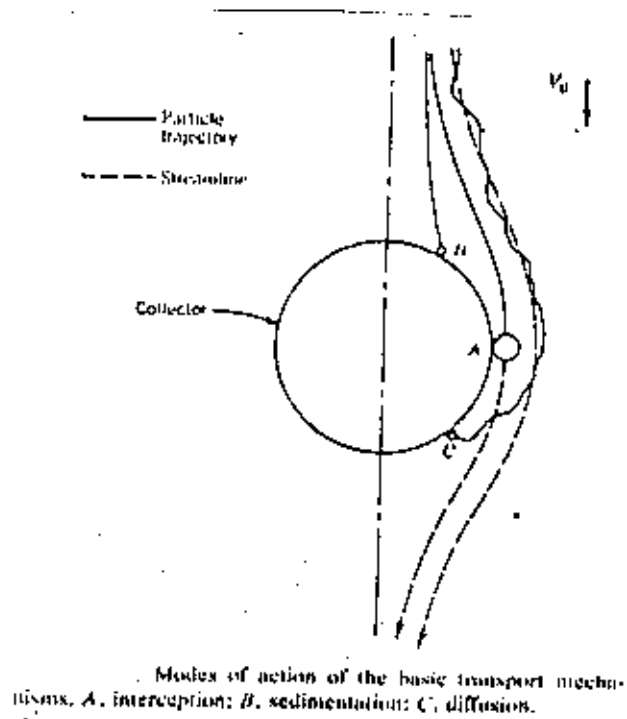
Terjadi karena pengaruh dari gerak Brown pada penyimpangan dari garis aliran oleh karena diffusion. Diffusi berpengaruh hanya pada partikulat dalam range koloid (ukuran lebih kecil dari 1 $\mu$ m). Efisiennsi dari pengumpulan suatu bentuk bulat oleh karena difusi dapat diperlihatkan oleh Levich 1962 sebagai berikut :

$$\eta_d = 0,9 \left[ \frac{k T}{\mu d_p d_m v_o} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(2 - 3)$$

dimana :  $k$  = konstanta Boltzman ( $1,38 \times 10^{-23}$ ) $\gamma^\circ K$

$T$  = temperatur absolut  $^\circ K$

$\eta$  = efisiensi pengumpulan partikulat tiap media



Gambar (2 - 1) : Mekanisme Pengangkutan Pada Filtrasi

### 2.1.3. Mekanisme Pelekatan

Partikulat yang mendekati permukaan media, dengan jarak yang pendek dan adanya gaya permukaan media akan mempengaruhi dinamika partikulat. Jika partikulat tidak mempunyai kestabilan, benturan antara partikulat dan butiran media akan memungkinkan terjadinya pelekatan. Penangkapan partikulat hanya terjadi bilamana muatan permukaan dari butiran media dan partikulat mempunyai muatan yang berlawanan (Stein 1940; Yao 1968; Kavanoug 1974). Pada kenyataannya kondisi ini analog dengan proses koagulasi (Stumm and O'Melia 1967).

#### 2.1.4. Mekanisme Pengelupasan

Pengumpulan partikulat pada ruang pori pada media filter menyebabkan naiknya gaya hidrodinamik oleh karena pertambahan kecepatan dalam ruang pori. Jika gaya geser bertambah hingga melampaui gaya gaya kinia permukaan media terhadap permukaan partikulat maka partikulat partikulat yang telah melekat dapat lepas dan terbawa kembali dalam aliran air.

#### 2.2. HIDROLIKA ALIRAN<sup>(1,13,14,15)</sup>

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media, kehilangan energi disebabkan karena bentuk dan gaya gesek pada permukaan media, pada selanjutnya kehilangan energi terjadi karena kontraksi terus menerus dan ekspansi dari fluida yang melewati ruang pori pada butiran media. Aliran yang melewati bukaan pori adalah komplek dan untuk memperkirakannya digunakan pipa piezometrik. Besarnya head-loss tergantung pada:

$$H_f = F(\epsilon, L, d, v, \mu, \rho, g) \dots\dots\dots(2 - 4)$$

Head-loss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori pada butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan *Carmant-Kozeny* dan persamaan *Rose* yang dikembangkan berdasarkan persamaan *Darcy- Weisbach*.

$$H_l = f \frac{L}{2} \frac{v^2}{g D} \dots\dots\dots(2 - 5)$$

Dimana :  $f$  = faktor gesekan

$L$  = panjang pipa/saluran penyebab head-loss

$D$  = diameter pipa

$v$  = kecepatan rata rata aliran melalui pipa/media

Untuk mendapatkan persamaan dengan kondisi pada filter dengan butiran butiran media maka  $L$  dianggap sebagai kedalaman media dan saluran pada ruang/bukaan pori diperkirakan berbentuk lingkaran maka :  $R = 0,25 \pi D^2 / \pi D$  dan  $D = 4R$

$$HI = f \frac{L v^2}{8 g R} \dots\dots\dots (2 - 6)$$

Apabila volume dari media filter digunakan sebagai dasar pertimbangan , dapat terlihat volume saluran atau volume yang dipergunakan untuk mengalirkan air yang disebut porositas dari bed, maka :  $\epsilon$  (porositas) dari filter bed adalah  $v/V$ .

dimana :  $v$  = volume rongga

$V$  = volume keseluruhan dari filter bed

jika  $n$  = jumlah butiran dalam filter dan

$V_p$  = volume butiran maka,

$V_s$  = volume total dari butiran media ( $V_p \times n$ )

maka total volume dari bed adalah :

$$V = v + V_s == \epsilon V + V_s$$

$$V - V\epsilon = V_s \text{ dan } V = V_s / (1 - \epsilon)$$

dan total volume rongga (saluran) adalah :

$$V_s / V = 1 - \epsilon == V_s \epsilon / v = 1 - \epsilon$$

$$v = \frac{V_S \epsilon}{1 - \epsilon} \dots\dots\dots(2 - 7)$$

Apabila total luas permukaan basah dipertimbangkan untuk mengkombinasikan luas permukaan butiran atau jumlah butiran dan luas permukaan butiran ( $A_p$ ) maka jari jari hidrolis menjadi :

$$R = \frac{n V_p}{n A_p} \frac{\epsilon}{1 - \epsilon} \dots\dots\dots(2 - 8)$$

Untuk partikel speris (bola)  $\frac{V_p}{A_p} = \frac{(\pi d^3/6)}{\pi d^2} = \frac{d}{6} \dots\dots\dots(2 - 9)$

Untuk partikel non speris  $\frac{V_p}{A_p} = \psi \frac{d}{6} \dots\dots\dots(2 - 10)$

dimana :  $\psi$  = *sperisitas media*

Kecepatan dari air yang masuk kedalam filter (over flow rate) adalah  $Q/A$  dimana  $A$  adalah luas permukaan filter, ketika air masuk kedalam media melalui ruang pori pada media maka kecepatan air melalui pori adalah :

$$v = \frac{V_S}{\epsilon} \dots\dots\dots(2 - 11)$$

dimana :  $V_S$  = *kecepatan air dipermukaan ( $Q/A$ )*

$v$  = *kecepatan air melalui pori*

Jika disubstitusikan persamaan (11), (10) dan (8) kedalam persamaan (6) maka akan didapat Head-loss pada filter

$$\begin{aligned}
 Hl &= f \frac{L V_s^2}{8 g \epsilon^2 \frac{\epsilon}{1-\epsilon} \psi \frac{d}{8}} \\
 &= f \frac{6}{8} \left[ \frac{L}{\psi d} \right] \left[ \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right] \left[ \frac{V_s^2}{g} \right] \quad f' = \frac{6}{8} f \\
 &= f' \left[ \frac{L}{\psi d} \right] \left[ \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right] \left[ \frac{V_s^2}{g} \right] \dots\dots\dots (2 - 12)
 \end{aligned}$$

$$f' = 150 \left[ \frac{1-\epsilon}{Re} \right] + 1,75 \dots\dots\dots (2 - 13)$$

$$\text{dimana : } Re = \frac{\psi d V_s}{\nu} = \frac{\psi d V_s \rho}{\mu}$$

$$\begin{aligned}
 Hl &= 150 \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} \frac{L}{\psi^2 d^2} \frac{V_s}{g} \frac{\mu}{\rho} + 1,75 \frac{L}{\psi d} \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \frac{V_s^2}{g} \\
 &\dots\dots\dots (2 - 14)
 \end{aligned}$$

Dimana persamaan diatas berlaku untuk butiran dengan diameter seragam.

Untuk beberapa diameter butiran dan stratifikasi bed diperlukan beberapa perubahan dari persamaan (2 - 10).

$$\psi \frac{d}{8} = \frac{V}{A} \quad == \quad \psi d = 8 \frac{V}{A}$$

$$\text{maka} \quad Hl = f' \frac{L}{6} \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \frac{V_s^2}{g} \frac{A}{V} \dots\dots\dots (2 - 15)$$

dimana : A = luas permukaan keseluruhan dari butiran

V = total volume

$$\left[ \frac{A}{V} \right]_{ave} = \frac{6}{Ks} \int_{x=0}^{x=1} \frac{dx}{d} \dots\dots\dots (2 - 16)$$

$$\left[ \frac{A}{V} \right]_{ave} = \frac{\delta}{\psi} \sum \frac{x}{d} \dots\dots\dots(2 - 17)$$

dimana :  $dx$  = proporsi dari partikel dari spesifik size

$x$  = fraksi berat dari butiran yang tertahan antara sieve sizes yang berdekatan.

$d$  = rata rata ukuran geometrik dari bukaan yang berdekatan.

Jika porositas dari stratifikasi bed adalah seragam dan butiran mempunyai faktor bentuk yang seragam maka persamaan

(2-15) dapat ditulis  $\frac{d Hl}{dl} = K f \cdot \int \frac{1}{d}$

Untuk stratifikasi partikel pada kondisi operasi, head-loss yang terjadi saat melewati sepanjang kedalaman filter bed adalah integral

$$Hl = \int_0^{hl} dh = K \int_0^L \frac{f_i}{d} dl \quad dl = Ldx \dots\dots(2 - 18)$$

dimana  $dx$  = proporsi dari ukuran ukuran partikel media filter

$$Hl = K L \sum \frac{f_i x}{d} \dots\dots\dots(2 - 19)$$

dimana :  $K = \frac{1}{\psi} \frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \frac{Vs^2}{g} \dots\dots\dots(2 - 20)$

### Perumusan Rose

Head-loss yang menembus butiran media filter berdasarkan percobaan rose digunakan untuk butiran yang speris atau mendekati speris. Perumusan ini biasanya digunakan untuk menghitung filter cepat.

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{Cd}{g} L \frac{Vs^2}{e^4} \frac{1}{d} \dots\dots\dots (2 - 21)$$

dimana :  $Cd$  = koefien drag yang tergantung pada Reynold number.  
 untuk : -  $Re < 1$

$$Cd = \frac{24}{Re}$$

-  $Re > 1$  dan  $< 10^4$

$$Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Dari persamaan (2-21) dapat digunakan untuk filter dengan menggunakan beberapa ukuran media butiran

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{Cd}{g} L \frac{Vs^2}{e^4} \sum \frac{x}{d} \dots\dots\dots (2 - 22)$$

Untuk stratifikasi bed dengan porositas seragam sebagai berikut :

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{L}{g} \frac{Vs^2}{e^4} \sum \frac{Cd x}{d} \dots\dots\dots (2 - 23)$$



### 2.3. URAIAN MATEMATIKA UNTUK FILTER<sup>(2,9,12)</sup>

Sebenarnya model matematika dari filtrasi dengan menggunakan media berbutir adalah memperkirakan besarnya head-loss dan konsentrasi effluent dari partikulat hasil filtrasi untuk memberi gambaran dalam proses perencanaan. Sebab proses filtrasi dengan menggunakan media berbutir merupakan proses yang kompleks termasuk didalamnya berbagai macam karakteristik dari partikulat dan media yang digunakan, yang mana mekanisme yang terjadi didalamnya tidak seluruhnya dapat dimengerti.

Fenomena matematika pertama kali dikembangkan oleh Iwasaki pada tahun 1937

$$\frac{rC}{r1} = - \lambda C \dots\dots\dots(2 - 24)$$

dimana :  $C$  = konsentrasi dari suspensi partikel (partikulat) pada waktu dan kedalaman tertentu, dalam volume pervolume air.

Pada saat  $\lambda$  sebagai keseimbangan, diasumsikan konstan sebanding dengan  $\lambda_0$ , dengan batasan  $l = 0$ ,  $C = C_0$  maka integral dari persamaan (2-24) akan menjadi

$$C = C_0 e^{-\lambda_0 l} \quad \text{atau} \quad C_e = C_0 e^{-\lambda_0 l} \dots\dots\dots(2 - 25)$$

Partikulat (impuritis) akan tergeser dari air selama proses filtrasi dan terakumulasi sepanjang media filter. Kecepatan pengumpulan dapat diperkirakan dengan pendekatan

elemen dari kedalaman media pada waktu tertentu ( $t$ ) yaitu :

$d\sigma = \frac{\gamma\sigma}{\gamma t} dt$ . Pada aliran kontinu maka besarnya pengumpulan partikulat akan selalu seimbang dengan beda antara partikulat yang masuk dan partikulat yang keluar.

$$\frac{\gamma C}{\gamma t} dt dl = v C dt - v \left( C + \frac{\gamma C}{\gamma l} dl \right) dt$$

secara sederhana persamaan diatas dapat ditulis :

$$\frac{\gamma C}{\gamma l} = - \frac{1}{v} \frac{\gamma\sigma}{\gamma t} \dots\dots\dots (2 - 26)$$

dimana :  $t$  = waktu filtrasi

Pada saat koefisien filtrasi  $\lambda$  konstan, sebanding dengan  $\lambda_0$  maka konsentrasi dari impuritis pada pori adalah sebagai berikut :

$$C = C_0 e^{-\lambda_0 l} \text{ sehingga } \frac{\gamma C}{\gamma l} = -\lambda_0 C_0 e^{-\lambda_0 l} \text{ substitusi}$$

dengan persamaan (2-26) menjadi  $\frac{\gamma\sigma}{\gamma t} = v \lambda_0 C_0 e^{-\lambda_0 l}$

integral dari persamaan diatas dimana pada kondisi  $t = 0, \sigma = 0$  menjadi :

$$\sigma = v \lambda_0 C_0 e^{-\lambda_0 l} t \dots\dots\dots (2 - 27)$$

### 2.3.1. Persamaan aliran

Banyak unsur dari air mengandung suspended solid mengalir melewati filter bed, konsentrasi dari suspended solid berubah terhadap kedalaman dan waktu. Nilai dalam filter bed

terdapat pada kedalaman  $l$  dari dasar sampai atas, konsentrasi suspensi ( $C$ ) adalah fungsi dari kedalaman ( $l$ ) dan waktu ( $t$ ), dimana :

$$C = F(l, t) \dots\dots\dots(2 - 28)$$

$$\frac{\gamma C}{\gamma t} = \frac{\gamma C}{\gamma l} \frac{\delta l}{\delta t} + \frac{\delta C}{\gamma t} \dots\dots\dots(2 - 29)$$

$$\frac{DC}{Dt} = v \frac{\gamma C}{\gamma l} + \frac{\gamma C}{\gamma t} = -\lambda' C \dots\dots\dots(2 - 30)$$

dimana :  $\frac{DC}{Dt}$  = menunjukkan perimbangan total dari perubahan konsentrasi dalam elemen air seperti pergerakan kecepatan dari aliran air yang melewati bed tersebut

$\lambda'$  = perubahan koefisien filter, mungkin  $\lambda'$  adalah  $T^{-1}$  seperti  $\lambda$  adalah  $L^{-1}$ .

$v$  = kecepatan rata rata dalam filter pada kedalaman  $l$

Apabila  $\sigma$  dijabarkan sebagai  $\varepsilon = \varepsilon_0 - \sigma$  dan rata rata interstitial velocity  $V = v / (\varepsilon_0 - \sigma)$  maka :

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{v}{\varepsilon_0 - \sigma} \frac{\gamma C}{\gamma l} + \frac{\gamma C}{\gamma t} = -\lambda' C \dots\dots\dots(2 - 31)$$

### 2.3.2. Mass balance equation

Besarnya pertambahan massa karena aliran mengandung partikulat (partikel suspended) kedalam bagian kecil lapisan tertentu (pias) dapat ditulis sebagai  $\rho_s C v a$

dimana :  $\rho_s$  = densitas dari suspended

$a$  = gross-cross-sectional area dari bagian kecil lapisan perpendicular sebagai petunjuk dari aliran

Begitupun pertambahan massa dari aliran suspended yang tinggal pada bagian mungkin ditulis  $\rho_s ; C + (\gamma C / \gamma l) \delta l$  &  $v a$  dimana pertambahan massa yang terpisahkan dari suspended pada aliran yang melewati lapisan ditulis :

$$\rho_s C v a - \rho_s ; C + (\gamma C / \gamma l) \delta l v a \text{ atau } -\rho_s v a (\gamma C / \gamma l) \delta l$$

Pertambahan jumlah massa partikel suspended yang tertahan pada bagian kecil dari lapisan ditulis sebagai berikut

$$\frac{\gamma \sigma_s}{\gamma t} \rho_s a \delta l + (\epsilon_0 - \sigma) \frac{\gamma C}{\gamma t} \rho_s a \delta l \dots\dots(2 - 32)$$

dimana :  $\sigma_s$  = volume dari bagian solid terdeposition perunit volume dari filter media

Ketika suspensi mengalir secara kontinu melewati bagian kecil prinsip konserfasi dari pertambahan massa adalah perimbangan massa yang masuk kedalam bagian volume dikurangi jumlah massa suspensi yang keluar dari bagian kecil pada waktu tertentu seimbang dengan jumlah massa yang terdapat dalam bagian kecil. Prinsip matematikanya adalah sebagai berikut :

$$- \frac{\gamma C}{\gamma l} \rho_s a v \delta l = \left[ \frac{\gamma \sigma_s}{\gamma t} + (\epsilon_0 - \sigma) \frac{\sigma C}{\gamma t} \right] \rho_s a \delta l \dots(2 - 33)$$

atau

$$v \frac{\gamma C}{\gamma l} + \frac{\gamma \sigma_s}{\gamma t} + (\varepsilon_0 - \sigma) \frac{\gamma C}{\gamma t} = 0 \dots\dots\dots(2 - 34)$$

Sebagai dasar pertimbangan  $\sigma_s$  adalah porositas dari pengumpulan partikulat, dan  $\sigma_s$  mungkin dapat dihubungkan dengan  $\sigma$  sebagai berikut  $\sigma_s = \sigma (1 - \varepsilon_s)$  sehingga :

$$v \frac{\gamma C}{\gamma l} + (1 - \varepsilon_s) \frac{\gamma \sigma}{\gamma t} + (\varepsilon_0 - \sigma) \frac{\gamma C}{\gamma t} = 0 \dots(2 - 35)$$

Pembagian persamaan (2-35) dengan  $(\varepsilon_0 - \sigma)$  dan dikombinasikan dengan persamaan (2-30) akan didapatkan :

$$\frac{v}{\varepsilon_0 - \sigma} \frac{\gamma C}{\gamma l} + \frac{(1 - \varepsilon_s)}{\varepsilon_0 - \sigma} \frac{\gamma \sigma}{\gamma t} + \frac{(\varepsilon_s - \sigma)}{\varepsilon_0 - \sigma} \frac{\gamma C}{\gamma t} =$$

$$\left[ \frac{v}{\varepsilon_0 - \sigma} \frac{\gamma C}{\gamma l} + \frac{\gamma C}{\gamma t} \right] = \lambda' C$$

$$\frac{(1 - \varepsilon_s)}{(\varepsilon_0 - \sigma)} \frac{\gamma \sigma}{\gamma t} = \lambda' C \dots\dots\dots(2 - 36)$$

Persamaan (2-30) dan (2-35) menunjukkan model fisik dari filtrasi dan dapat digunakan pada proses kontinue. Ketika suspensi diganti dengan air bersih persamaan diatas tidak dapat dipergunakan, karena diskontinue gradient konsentrasi sepanjang kedalaman dari media. Oleh karena itu awal dari filtrasi dimulai saat  $t = 0$ .

### 2.3.3. Posisi butiran dan porositas

Dalam analisa proses filtrasi, porositas dari media merupakan parameter penting. Porositas dari media tergantung pada geometri dari posisi butiran. Slichter mendapatkan perumusan untuk butiran bola dan ukuran seragam ketika pusat dari bola menempati ujung ujung dan sisi sisi kubus adalah sebanding dengan diameter dari bola, porositas pada tengah tengah sebanding 0,4784. Nilai porositas jika sisi sisi berhubungan dengan pusat terdapat pada ujung ujung yang berhadapan dari kubus diasumsikan sendi sendi yang berhubungan dan setiap tarikan akan mempunyai dua diameter pada ujung ujung yang berhadapan pada ujung ujung dari kubus, bentuk dari kubus akan bergerak kedalam rhombohedron dan posisi dari bola relative akan berubah menempati ujung ujung rhombohedron. Porositas pada tengah tengah sebanding dengan 0,2599 pada sudut  $60^\circ$ . Hubungan antara sudut bukaan  $\theta$ , dan porositas dari rhombohedron dapat ditulis sebagai berikut :

$$\epsilon_0 = 1 - \frac{\pi}{6(1 - \cos \theta) \sqrt{1 + 2 \cos \theta}} \dots\dots(2 - 37)$$

Pada tengah tengah filter, butiran butiran bola dengan ukuran yang sama jumlah singgungan pada masing masing butiran akan tergantung pada sekelilingnya (selimut). Pada selimut kubus masing masing butiran bola akan mempunyai 6 singgungan. Begitupun pada rhombohedron selimut permukaan mempunyai sudut selain  $60^\circ$  jumlah butiran yang bersinggungan adalah 6 dan jika

sudutnya  $60^\circ$  maka jumlah singgungan butiran dapat 12. Pada kasus selimut tak teratur jumlah singgungan kadang kadang lebih dari 6 dan kadang kadang kurang dari 6. Dari beberapa analisa dengan bola speris biasanya akan mempunyai bentuk rhombohedron secara alamiah dan yang tidak teratur sedikit. Apabila memperhitungkan semua faktor faktor sangatlah sulit untuk menghitung jumlah singgungan pada masing masing butiran. Sebagai perkiraan jumlah singgungan dapat dipergunakan batasan:

1. Selimut pada tengah butiran menunjukkan bola bola speris dengan ukuran seragam secara alamiah adalah rhombohedron.
2. Sudut permukaan dari rhombohedron adalah  $60^\circ$  dan  $90^\circ$ .

Apabila  $x$  adalah fraksi dari volume selimut  $90^\circ$  dengan porositas 0,4764 dan  $(1 - x)$  adalah fraksi dari volume yang mempunyai sudut  $60^\circ$  dengan porositas 0,2599, maka porositas dapat ditulis sebagai berikut :

$$\epsilon_0 = 0,4764 x + (1 - x)0,2599 \dots\dots\dots(2 - 38)$$

$$x = \epsilon_0 - \frac{0,2599}{0,2165}$$

Jumlah butiran pada unit volume dari tengah tengah adalah :

$N_p = (1 - \epsilon_0)/(\beta_0 d_0^3)$  dan jumlah butiran butiran pada  $x$  fraksi dari volume yang mempunyai porositan 0,4764 adalah :

$N_{p1} = x (1 - 0,4764)/(\beta_0 d_0^3)$ . Begitupun jumlah dari partikel partikel adalah  $(1 - x)$  fraksi dari volume mempunyai porositas 0,2599 adalah dapat ditulis  $N_{p2} = (1 - x)(1 - 0,2599)/(\beta_0 d_0^3)$

dimana :  $d_o$  = rata rata ukuran butiran

$\beta_o$  = koefisien volume dari butiran

Pada unit volume dimana  $N_{p1}$  jumlah dari partikel yang mempunyai 6 singgungan dan  $N_{p2}$  adalah partikel yang mempunyai 12 singgungan. Dari sini rata rata jumlah dari singgungan pada masing masing butiran adalah :

$$n = \frac{6 N_{p1} + 12 N_{p2}}{N_p} \dots\dots\dots (2 - 39)$$

dengan memasukkan nilai  $N_p$ ,  $N_{p1}$  dan  $N_{p2}$  didapat persamaan :

$$n = \frac{15,7714 - 28,5109 \epsilon_o}{1 - \epsilon_o} \dots\dots\dots (2 - 40)$$

#### 2.3.4. Luas permukaan selama clogging

Ketika aliran yang membawa partikulat masuk melewati media filter, material material tersuspensi terpisah dari aliran dan terakumulasi pada pori pori butiran media filter.

Apabila volume masing masing butiran ( $V_p$ ) =  $\beta_o d_o^3$  dan luas permukaan butiran  $\propto d_o^2$ .

dimana :  $\alpha_o/\beta_o$  = shape faktor ( $K_s$ )

$$\beta_o = \pi/6 \quad ; \quad \alpha_o = \pi$$

Jumlah dari partikel tiap unit volume adalah

$$V = v + V_s$$

$$n = V_s/V_p$$

$$= (V - V\epsilon_o)/(\beta_o d_o^3)$$

$$n = (V - v)/(\beta_o d_o^3)$$

$$= V(1 - \epsilon_o)/(\beta_o d_o^3)$$



$$N_p = \frac{n}{V} = \frac{1 - \epsilon_0}{\beta_0 d_0^3} \dots\dots\dots (2 - 41)$$

dimana :  $V$  = volume saluran

$V_s$  = volume total partikel ( $n \times V_p$ )

$v$  = volume rongga

Sedangkan volume deposit pada tiap tiap partikel

$$\frac{\sigma}{N_p} = \frac{\sigma \beta_0 d_0^3}{1 - \epsilon_0} \dots\dots\dots (2 - 42)$$

Apabila dua media berdekatan yang mempunyai singgungan dengan masing masing sisi lainnya, maka luas permukaan dari butiran bola yang terlapis dengan spesifik deposit ( $\sigma$ ) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S &= \pi (d_0 + \Delta d)^2 - n 2 \pi \frac{d_0 + \Delta d}{2} \frac{\Delta d}{2} \\ &= \pi (d_0^2 + 2 d_0 \Delta d) - n \pi \frac{d_0 + \Delta d}{2} \Delta d \\ &= d_0^2 \pi + 2 d_0 \Delta d \pi + \Delta d^2 \pi - n \pi \frac{d_0 \Delta d}{2} - \frac{n \pi \Delta d}{2} \\ &= \pi d_0^2 \left[ \underbrace{1 + \left(2 - \frac{n}{2}\right) \frac{\Delta d}{d_0} + \left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)^2}_{x} \right] \\ &\dots\dots\dots (2 - 43) \end{aligned}$$

Total luas permukaan butiran yang tertutup per unit volume dari media dapat ditulis :

$$\Sigma S = N_p \pi d_0^2 x \dots\dots\dots (2 - 44)$$

Kombinasi antara persamaan (2-41) dan (2-44) didapat persamaan :

$$\begin{aligned}\Sigma S &= \frac{1 - \epsilon_0}{\beta_0 d_0^3} \alpha_0 d_0^2 x \\ &= \frac{1 - \epsilon_0}{d_0} K_S x \quad \dots\dots\dots (2 - 45)\end{aligned}$$

Dari persamaan (2-41) ratio macroscopic volume pori dan lapisan permukaan dari butiran perunit filter pada waktu filter berjalan dengan deposition ( $\sigma$ ) perunit filter volume adalah :

$$D = \frac{(\epsilon_0 - \sigma) d_0}{(1 - \epsilon_0) K_S x} \quad \dots\dots\dots (2 - 46)$$

### 2.3.5. Ukuran butiran selama clogging

Ketika aliran yang membawa partikulat masuk melewati butiran butiran media filter partikulat terpisahkan dari alirannya dan terakumulasi pada pori pori media. Untuk butiran bola volume dari pengumpulan pada masing masing butiran dapat ditulis :

$$\frac{\sigma}{N_p} = \frac{\pi d_0^3}{6(1 - \epsilon_0)} \sigma$$

Jika dua butiran bola bersinggungan dengan yang lain, volume dari segment *DOCBD* adalah : (Gambar 3-2)

$$n \frac{\pi}{3} (\Delta d/2)^2 \left[ \frac{3}{2} d_o + \Delta d \right] \dots (2 - 48)$$

Untuk butiran non spheris maka :

$$\frac{\pi d_o^3}{K_{so}(1-\epsilon_o)} \sigma = \frac{\pi}{K_{so}} (d_o + \Delta d)^3 - \frac{\pi}{3} d_o^3 -$$

$$n \frac{\pi}{3} (\Delta d/2)^2 \left[ \frac{3}{2} d_o + \Delta d \right] \dots (3 - 48)$$

$$\frac{\sigma}{K_{so}(1-\epsilon_o)} = \frac{1}{K_{so}} \left[ 3 \frac{\Delta d}{d_o} + 3 \left( \frac{\Delta d}{d_o} \right)^2 + \left( \frac{\Delta d}{d_o} \right)^3 \right] -$$

$$n \left[ \frac{1}{8} (\Delta d/d_o)^2 + \frac{1}{12} (\Delta d/d_o)^3 \right] \dots (3 - 50)$$

Dengan mengabaikan tingkat tiga dari  $(\Delta d/d_o)$  maka :

$$\frac{\sigma}{K_{so}(1-\epsilon_o)} = (3/K_{so})(\Delta d/d_o) + \left[ \frac{3}{K_{so}} - \frac{n}{8} \right] \left[ \frac{\Delta d}{d_o} \right]^2 \dots (3 - 51)$$

$$\frac{\Delta d}{d_o} = \left[ \frac{12}{nK_{so} - 24} \right] - \sqrt{\frac{144}{(nK_{so} - 24)^2} - \frac{24}{nK_{so} - 24} \frac{\sigma}{3(1 - \epsilon_o)}} \dots (2 - 52)$$

$$\frac{\Delta d}{d_o} = \frac{n}{n - 4} - \sqrt{\frac{4}{(n - 4)^2} - \frac{4}{n - 4} - \frac{\sigma}{3(1 - \epsilon_o)}} \dots (2 - 53)$$

## 2.4. BACKWASH<sup>(4.9.17)</sup>

Pencucian filter dilakukan ketika kualitas efluent yang diharapkan tidak terpenuhi atau ketika penurunan tekanan yang melewati media filter sampai pada nilai tertentu. Untuk filter gravitasi pemilihan kehilangan tekanan akhir (saat filter akan dicuci) berdasarkan head yang tersedia. Pada pencucian filter ada beberapa hal yang perlu untuk diperhatikan

### 1. Penetrasi Flok

Selama proses filtrasi flok flok/partikel partikel yang terdapat dalam air terkumpul dalam media filter hanya mendekati permukaan media dan pergeseran tidak terjadi sampai dibawah/lapisan terbawah, namun pada filter cepat adanya tekanan air yang tersedia diatas media dan kejadian mekanisme filtrasi diantaranya detachment mengakibatkan flok dapat tergeser hingga lapisan bawah dari media bahkan dapat lolos bersama efluent. Dan adanya pengumpulan flok sepanjang media filter ini ditunjukkan pula dengan adanya perubahan head-loss sepanjang ketebalan media filter selama waktu operasi filter.

### 2. Mud Balls Dalam Filter

Bola bola lumpur (mud balls) yang tertinggal dalam bed setelah pencucian merupakan sejumlah kegagalan yang sering terjadi. Besarnya mud balls pada bed adalah terbentuk dengan pecahnya lapisan permukaan pada permulaan ekspansi dan pengendapan dari pecahan pecahan lumpur yang masuk kedalam

bed. Pada banyak filter pasir, media pasir pada permukaan yang terlalu kecil akan terbawa keluar bersama sama dengan suspensi, tetapi pecahan pecahan pada permukaan lapisan dapat mengendap kedalam filter tanpa terpisah dari pecahannya. Banyak kemungkinan penyebab kegagalan fluidize pada bed. Jika bed tidak seluruhnya terfluidize, air kotor akan lewat jalur pendek (short-circuit) pada kecepatan tinggi menembus jalan kecil dari tahanan terkecil, partikulat pada dasar masuk dalam jalan kecil dan membuat putaran putaran yang mana akan membawa mud pada permukaan kelateral, lalu turun kedalam dan berada lapisan bawah. Pada dasarnya mud balls tidak akan mengendap kedalam pada fluidized bed jika densitasnya tidak lebih besar dari densitas campuran butiran media dan air. Densitas dari campuran butiran media dan air pada adalah :

$$\rho_m = (1 - p_e)\rho_g + p_e \rho_f \dots\dots\dots(2 - 54)$$

dimana :  $\rho_m$   $\rho_g$   $\rho_f$  = densitas dari campuran, butiran media dan fluida

$p_e$  = porositas butiran saat tereksansi

### 3. Mud Balls Pada Permukaan

Mud balls pada permukaan filter biasanya berasal dari sediment yang mengendap pada permukaan bed setelah pencucian dikarenakan kecepatan pencucian dan waktu yang dibutuhkan untuk membawanya menuju gutter tidak terpenuhi.

### 3.3.1. Pencucian Dengan Air

Ketika butiran media filter telah dipenuhi suspensi suspensi/flok flok, gaya friksi akan mendukung butiran seimbang dengan berat butiran pada air.

Metode Fair and Hatch merumuskan :

$$gpdh = d l g(\rho_s - \rho)(1 - pe) \dots\dots\dots(2 - 55)$$

dimana :  $dh$  = head loss yang menembus lapisan tereksansi

$dl$  = ketebalan media tereksansi

$\rho$  = densitas dari air

$$pgh = l g(g - \rho)(1 - pav) \dots\dots\dots(2 - 56)$$

dimana :  $h$  = head loss yang menembus kedalaman 1 dari fluidized bed

$pav$  = porositas rata rata pada kedalaman 1

Apabila  $i = dh/dl$  adalah slope hidrolik pada level tertentu saat fluidized bed

maka persamaan (2-55) menjadi :

$$i = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} (1 - pe) \dots\dots\dots(2 - 57)$$

Nilai  $i$  apabila dimasukkan dalam persamaan Kozeny akan didapatkan hubungan antara kecepatan pencucian dan porositas terkspansi masing masing level pada fluidized bed

$$q_w = \frac{g(\rho_s - \rho)}{\beta \rho \rho} \frac{pe^3}{1 - pe} d^2 \dots\dots\dots(2 - 58)$$

dimana :  $q_w$  = kecepatan pencucian air per unit area dari bed

$\beta$  = tidak berdimensi tergantung pada porositas, shape

*pori dan flow rate*

$\nu$  = viskositas kinematik

$d$  = jumlah dan berat dari rata rata ukuran butiran  
pada level tertentu

### 3.3.2. Pencucian Dengan Udara Dan Air

Pada pencucian dengan air dan udara densitas efektif dari campuran air dan udara ditentukan dengan volume dari masing masing komponen pencucian pada pori dari bed dan porositas pada tiap level. Kecepatan pencucian pada bed adalah

$q_w = V_w p_w$  untuk air dan

$q_a = (V_w + \nu)(p - p_w)$  untuk udara .....(2 - 58)

dimana :  $V_w$  = kecepatan air pada fraksi pori ( $p_w$ )

$\nu$  = kecepatan naik dari gelembung udara pada air

$p - p_w$  = fraksi pori yang ditempati oleh udara

Densitas efektif dari campuran udara dan air ( $\rho_{aw}$ ) adalah :

$$\rho_{aw} = \frac{p_w}{p} \rho + \frac{p - p_w}{p} \rho_a \text{ .....(2 - 60)}$$

dimana :  $\rho_a \ll \rho$   $\rho_a$  = densitas udara

Keseimbangan gaya pada ekspansi lapisan media dari ketebalan  $dl$  dapat dituliskan sebagai berikut :

$$-dP = dl g [\rho_g (1 - p_e) + p_e \rho_{aw}] \text{ .....(2 - 61)}$$

dimana :  $dP$  = diferensial tekanan pada permukaan setiap lapisan  
(across the layer)

Adanya perubahan energi kinetik pada naiknya campuran udara dan air diakibatkan ekspansi dari udara, prinsip kebutuhan energi dan energi head loss ( $dh$ ) seimbang dengan berkurangnya diferensial pada tekanan piezometrik ( $dhp$ ), tekanan piezometrik didefinisikan sebagai :

$$h_p = \frac{P}{\rho g} + z \dots\dots\dots(2 - 62)$$

dimana :  $z$  = elevasi yang tergantung pada datum dan level dari bed

Persamaan (2-61) dapat ditulis sebagai batasan dari energi head loss

$$g\rho v dh = d[\rho g (1 - p_v)] \dots\dots\dots(2 - 63)$$

$$g\rho v h = \rho g (1 - p_v) \dots\dots\dots(2 - 64)$$

Persamaan (2-64) menunjukkan berat perunit area dari media filter pada campuran udara dan air.

Pada fluida statis perlu digunakan manometer air untuk pengaturan dan pengukuran diferensial campuran air dan udara pada bed. Dimana diferensial tekanan berhubungan dengan diferensial manometer air ( $d_{hm}$ ) sebagai :

$$-dP = \rho g(d_{hm} + d_1) \dots\dots\dots(2 - 65)$$

Penggabungan  $dP$  dari persamaan (2-62) dan (2-65) dan dari  $dh = -dhp$ , hubungan antara  $dh$  dan  $d_{hm}$  adalah :

$$\rho g(d_{hm} + d_1) = \rho v g(dh + d_1) \dots\dots\dots(2 - 66)$$



Penggunaan persamaan (2-66) dan (2-60) untuk mendapatkan  $h$  pada persamaan (2-64) sebagai batasan bacaan terbaca pada manometer, akan mengikuti persamaan :

$$h_m = l \left[ \frac{\rho_g}{\rho} - 1 \right] (1 - p_{av}) - l(p_{av} - p_w) \dots\dots(2 - 67)$$

Persamaan (2-67) adalah fraksi pori yang ditempati udara dan fraksi pori air dapat dirumuskan dari hasil percobaan backwash.

### 3.3.3. Multi Media Beds

Gaya buoyant pada butiran saat fluidized bed adalah sebanding dengan berat dari campuran yang ditulis dalam :

$$F_b = V_d \rho_m \dots\dots\dots(2 - 68)$$

dimana :  $V_d$  = volume dari campuran media yang ada

$\rho_m$  = densitas dari campuran

$$F_i = V_d \rho_m - C_d \frac{3}{2d} V_d r \frac{q_v^2}{2\rho_e^2} \dots\dots\dots(2 - 69)$$

dimana :  $F_i$  = gaya impelling (impelling force)

$V_d \rho_m$  = berat dari partikel

$\rho_m$  = suspensi yang masuk kedalam campuran

$C_d$  = koefisien drag dari partikel dengan diameter  $d$   
dan cross sectional area =  $(3/2d)V_d$

$q_v$  = kecepatan pencucian

$\rho(q_v^2/2\rho_e^2)$  = tekanan dinamik

Dalam keseimbangan  $F_i = F_b$  sehingga

$$\rho_m = \rho_p - Cd \frac{3}{2d} \rho \frac{q_v^2}{2g\rho_e^2} \dots\dots\dots(2 - 70)$$

Bilangan Reynolds untuk friction drag adalah :

$$R = \frac{\rho \frac{q_v}{\rho_e} d}{\mu}$$

$$\frac{q_v^2}{\rho_e^2} = \frac{\mu^2}{\rho^2 d^2} R^2 \dots\dots\dots(2 - 71)$$

Penggabungan persamaan (2-71) kedalam persamaan (2-70) akan didapatkan persamaan :

$$\rho_m = \rho_p - \frac{3\mu^2}{4g\rho d^3} Cd R^2 \dots\dots\dots(2 - 72)$$

Densitas dari media campuran saat fluidized bed pada tiap lapisan dimana porositas ( $\rho_e$ ) adalah :

$$\rho_m = p_1\rho_1 + p_2\rho_2 + \rho_e\rho_f \dots\dots\dots(2 - 73)$$

dimana :  $p_1$  = fraksi volume butiran terberat dengan densitas  $\rho_1$   
 $p_2$  = fraksi volume dari butiran yang lebih kecil  
 dengan densitas  $\rho_2$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{w_1}{w_1} - \frac{p_1}{p_2} \dots\dots\dots(2 - 74)$$

dimana :  $w_2$  dan  $w_1$  fraksi berat (tiap unit volume bed) dari butiran ringan sampai berat

$$p_1 + p_2 = 1 - \rho_e$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1 - p_o}{p_1} - 1 \dots\dots\dots(2 - 75)$$

Dari persamaan (2-74) dan (2-75) didapat persamaan :

$$p_1 = \frac{1 - p_o}{1 + \frac{W_2}{W_1} \frac{\rho_1}{\rho_2}} \dots\dots\dots(2 - 76)$$

Penggabungan persamaan (2-74) kedalam (2-73), nilai dari  $p_1$  dari persamaan (2-76) kedalam persamaan akan didapat nilai  $\rho_m$

$$\rho_m = (1 - p_o)p_1 \frac{1 + \frac{W_2}{W_1}}{1 + \frac{W_2}{W_1} \frac{\rho_1}{\rho_2}} + p_o \rho_i \dots\dots\dots(2 - 77)$$

Densitas efektif dari butiran solid adalah :

$$\rho_s = \frac{p_1 \rho_1 + p_2 \rho_2}{1 - p_o} = \rho_1 \frac{1 + \frac{W_2}{W_1}}{1 + \frac{W_2}{W_1} \frac{\rho_1}{\rho_2}} \dots\dots\dots(2 - 78)$$

$$\rho_m = (1 - p_o)\rho_s + p_o \rho_i \dots\dots\dots(2 - 79)$$

Nilai  $\rho_g$  dari persamaan (2-56) dan  $\rho_o$  dari persamaan (2-80), dan untuk nilai  $1 - p_o$  akan didapat :

$$1 - p_o = \frac{i}{\frac{\rho_1}{\rho_i} \frac{1 + \frac{W_2}{W_1}}{1 + \frac{W_2}{W_1} \frac{\rho_1}{\rho_2}} - 1} \dots\dots\dots(2 - 81)$$

Pada persamaan (2-57) nilai  $\beta$  pada tiap tiap lapisan, perlu diketahui nilai rata rata dari  $d^2$  untuk butiran berat dan butiran yang lebih ringan. Definisi dari diameter count-and-weight adalah :

$$d_{av}^3 = \frac{6}{\pi} \frac{w}{\rho_s g n} \dots\dots\dots(2 - 82)$$

dimana :  $w$  dan  $n$  adalah berat dan jumlah dari butiran per unit volume dari bed. Sebab  $w/(\rho_s/g) = p = p_1 + p_2$  dan  $n = n_1 + n_2$ , sehingga persamaan diatas menjadi:

$$d_{av}^3 = \frac{6}{\pi} \frac{p_1 + p_2}{n_1 + n_2} \dots\dots\dots(2 - 83)$$

dimana :  $n_1$  dan  $n_2$  adalah jumlah butiran per kubik centimeter dari fluidized bed yang mempunyai count-and-weight ukuran  $d_1$  dan  $d_2$  serta densitas  $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ,  $d_1$  dan  $d_2$  adalah volume per kubik centimeter dari bed yang terisi butiran yang berat dan ringan.

Jumlah dari butiran per kubik centimeter dari bed adalah :

$$n_1 = \frac{p_1}{\frac{\pi}{6} d_1^3} \text{ dan } n_2 = \frac{p_2}{\frac{\pi}{6} d_2^3} \dots\dots\dots(2 - 84)$$

Dari persamaan (2-83) dan (2-84) akan didapat:

$$d_{av}^3 = \left( \frac{n_1 d_1^3 + n_2 d_2^3}{n_1 + n_2} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2 - 85)$$

### 3.3.4. Teori Matematika Untuk Backwash

Backwash filtrasi pada kondisi turbulen, steady state dan fluktuasi kecepatan fluida mendekati nilai rata rata Camp and Stein mendefinisikan Gradient kecepatan absolut ( $G$ ) sebagai

$$G = \left[ \left( \frac{\gamma_u}{\gamma_y} + \frac{\gamma_v}{\gamma_x} \right)^2 + \left( \frac{\gamma_u}{\gamma_z} + \frac{\gamma_w}{\gamma_x} \right)^2 + \left( \frac{\gamma_v}{\gamma_z} + \frac{\gamma_w}{\gamma_y} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots(2 - 86)$$

dimana :  $u$ ,  $v$  dan  $w$  adalah kecepatan pada saat  $x$ ,  $y$  dan  $z$

$$G = \left[ \frac{P}{\mu C} \right]^{1/2} = \left[ \frac{dV'}{dl} \right] \text{ untuk backwash filter}$$

$$\left[ \frac{dV'}{dl} \right] = \left[ \left[ \frac{gV'}{\nu} \right] \frac{dh}{dz} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2 - 87)$$

dimana :  $V'$  = kecepatan didalam fluidized bed

$\frac{dh}{dz}$  = gradien head loss

Total hydrodynamic stress ( $\tau$ ), pada kondisi turbulen viskositas dan Reynold's turbulen oleh karena fluktuasi kecepatan fluida dapat ditulis dalam :

$$\tau = (\mu + \mu_{eddy}) \left[ \frac{dV'}{dl} \right] \dots\dots\dots(2 - 88)$$

Untuk memperkirakan ekspansi dari backwaash bed Richardson and Zaki menggunakan persamaan :

$$V' = \frac{V}{p} = k p^{(n-1)} \dots\dots\dots(2 - 89)$$

dimana :  $V$  = kecepatan superficial

$k$  dan  $n$  = konstanta untuk sistem

Dari persamaan (2-86) dan (2-87) akan didapat persamaan :

$$\tau = (\mu + \mu_{eddy}) \left[ \left[ \frac{gV'}{\nu} \right] \left[ \frac{dh}{dz} \right] \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2 - 90)$$

Persamaan Fair and Hatch untuk head loss saat fluidized bed merupakan differential dari :

$$dh_{og} = dz(\rho_s - \rho)g(1 - p) \dots\dots\dots(2 - 91)$$

dimana :  $\rho_s$  dan  $\rho$  adalah densitas dari solid dan fluida

Substitusi untuk  $(dh/dz)$  dan  $V'$  dari persamaan (2-91) dan (2-89) kedalam persamaan (2-90)

$$\tau = (\mu + \mu_{\text{eddy}}) \left[ \frac{gkp^{(n-1)}}{\nu} \frac{(\rho_s - \rho)(1 - p)}{\rho} \right]^{1/2}$$

$$= \alpha [p^{(n-1)} - p^n]^{1/2} \dots\dots\dots(2 - 92)$$

dimana  $\alpha = (\mu + \mu_{\text{eddy}}) [gk(\rho_s - \rho)/(\nu\rho)] = \text{konstan untuk setiap sistem}$

$\tau^2 = \alpha^2 [p^{(n-1)} - p^n]$  differential dari  $\tau^2$  terhadap  $p$  adalah :

$$2\tau \frac{d\tau}{dp} = \alpha^2 [(n-1)p^{(n-2)} - np^{(n-1)}]$$

$$= \alpha^2 p^{(n-2)} [(n-1) - np] \dots\dots\dots(2 - 93)$$

Untuk keadaan tetap (stationary),  $d\tau/dp = 0$ . Yang mana  $\alpha^2 p^{(n-2)}$  tidak bernilai nol,  $(n-1) - np = 0$ , sehingga :

$$p_{\text{opt}} = \frac{n-1}{n}$$

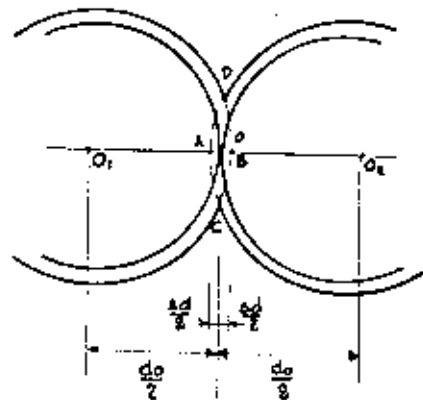
dimana untuk pasir tipikal sistem  $n = 3,3$

Untuk adanya perubahan porositas dari butiran maka ;

$$\tau = \alpha [p^{(n-1)} - p^n]^{1/2}; \text{ dan,}$$

$d\tau/dp = (\alpha/2)[(n-1)p^{(n-2)} - np^{(n-1)}] / [p^{(n-1)} - p^n]^{1/2}$  pada batasan finite elemen maka  $\Delta\tau = (\alpha/2)[(n-1) - np]p^{(n-2)} / [p^{(n-1)} - p^n]^{1/2} \Delta p$ . Dibagi dengan persamaan (2-91) menjadi :

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{1}{2} \frac{[(n-1) - np]p^{(n-2)}}{[p^{(n-1)} - p^n]} \Delta p \dots\dots\dots(2 - 94)$$



Gambar (2 - 2) : Singgungan Dua Media

$$\begin{aligned}
 DO CBD &= \frac{\pi}{3} (\Delta d/2)^2 \left[ \frac{3}{2} (d_0 + \Delta d) - \frac{\Delta d}{2} \right] \\
 &= \frac{\pi}{3} (\Delta d/2)^2 \left[ \frac{3}{2} d_0 + \Delta d \right] \dots\dots\dots(2 - 47)
 \end{aligned}$$

Jika  $n$  = rata rata jumlah masing masing butiran dengan butiran yang mengelilinginya, maka volume didalam butiran sebanding dengan deposit pada masing masing butiran

$$\frac{\pi d_0^3}{6(1 - \epsilon_0)} \sigma = \frac{\pi}{6} (d_0 + \Delta d)^3 - \frac{\pi}{6} d_0^3 -$$

### BAB III

#### KONSEP DASAR PERENCANAAN

---

Pada perencanaan pemilihan jenis filter bed (filter bed dengan menggunakan media berbutir) yang akan digunakan , kualitas air influent filter merupakan faktor utama termasuk disini kemampuan dan jenis pengolahan air sebelum filter (pretreatment)



Dalam menentukan alternatif pengolahan perlu pertimbangan beberapa faktor

1. Biaya yang dibutuhkan termasuk didalamnya operasi dan perawatan.
2. Sistem pengoperasian yang sederhana dan fleksibel.
3. Kemampuan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.
4. Kemampuan beradaptasi terhadap musim dan perubahan kualitas air baku untuk waktu yang lama.

Kemampuan dari proses untuk mendapatkan kualitas air yang diharapkan apabila terjadi perubahan terhadap kualitas dan air yang disyaratkan.

5. Kemampuan untuk mengolah pada saat beban maksimum.
7. Penggunaan dan kemampuan tenaga pengoperasian dan perawatan yang ada.

Berdasarkan dari hasil analisa kualitas air baku selama 23 bulan pada tahun 1990, 1991 dan 1992 Tabel (1-1), (1-2) dan (1-3)) maka ada beberapa parameter air yang perlu diolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat sebagai kualitas air minum yang berlaku. Parameter parameter yang perlu diolah adalah :

1. Total solid
2. Besi.
3. Amonia.
4. Kekeruhan
5. Warna.

Kekeruhan didalam air disebabkan oleh adanya zat tersuspensi, seperti lempung dan lumpur sebagai akibat penggerusan pada tepi dan dasar sungai, zat organik, plankton dan zat zat halus lainnya. Besi berasal dari mineral mineral dalam tanah serta industri. Amonia dalam sungai berasal dari air seni dan tinja juga dari oksidasi zat organik ( $H_2$   $O_2$   $C_2$   $N_2$ ) secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri dan penduduk. Dan warna diakibatkan oleh adanya ion netral alam (besi dan mangan), humus plankton, algae dan buangan industri.

### 3.1. PEMILIHAN ALTERNATIF PENGOLAHAN

Air baku yang berasal dari Sungai Bengawan Solo memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi dan berfluktuasi sesuai dengan musim. Kekeruhan air baku pada musim penghujan dapat mencapai lebih dari 200 mg/l  $SiO_2$  bahkan sampai 780 mg/l  $SiO_2$ . Sedangkan pada keadaan tidak hujan (awal musim kemarau) kekeruhan dapat mencapai 140 mg/l  $SiO_2$ .

Sludge index pada analisa imhoff cone pada kekeruhan 320 mg/l  $SiO_2$  dan total solid sebesar 612.3 mg/l menunjukkan angka rata rata sebesar 0.8125 ml/l sedangkan pada kekeruhan 145 mg/l  $SiO_2$  dan total solid sebesar 480 mg/l menunjukkan angka 0.35 ml/l dalam waktu 210 menit.

Sedangkan nilai kekeruhan setelah analisa imhoff cone setelah 210 menit sebesar 300 mg/l  $\text{SiO}_2$  untuk sampel dengan kekeruhan awal 320 mg/l  $\text{SiO}_2$  dan 140 mg/l  $\text{SiO}_2$  untuk sampel dengan kekeruhan awal 145 mg/l  $\text{SiO}_2$ . Hal ini menunjukkan bahwa kekeruhan sebagian besar disebabkan oleh partikel koloid, yang berarti kekeruhan sulit diturunkan tanpa pembubuhan koagulan.

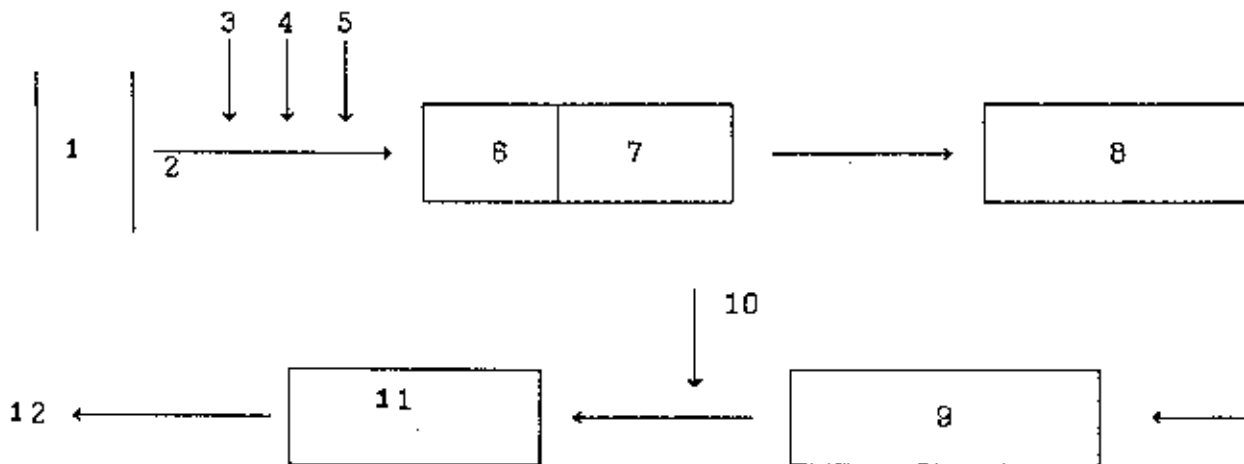
Adanya konsentrasi besi yang sangat tinggi pada air baku selama 3 bulan dalam kurun waktu 2 tahun serta kejadian yang tidak berulang pada bulan yang sama terhadap tahun yang lain adalah sesuatu yang agak aneh mengingat untuk parameter besi biasanya terdapat dalam air tanah serta air buangan industri. Penurunan kadar besi dengan oksidasi yang berarti penggunaan dan pembangunan bangunan tambahan sebaiknya dihindari mengingat keberadaan parameter besi yang tidak kontinyu serta belum tentu keberadaannya. Alternatif lain selain yang akan digunakan untuk menurunkan kadar besi adalah *Prechlorination*. Alternatif ini dipilih karena proses yang sama digunakan untuk menurunkan kadar Amonia yang ada.

Dengan demikian maka alternatif pengolahan yang digunakan disini adalah sebagai berikut : Gambar (3-1)

1. Screening
2. Prechlorinasi
3. Koagulasi dan flokulasi
4. Sedimentasi

5. Filtrasi

6. Chlorinasi.



Gambar (3- 1) : Alternatif Pengolahan Air minum

Keterangan :

1. Air baku Sungai Bengawan Solo
2. Bangunan Penyadap/Intake
3. Pembubuhan Klor/Prechlorinasi
4. Pembubuhan Kapur/Kontrol pH
5. Pembubuhan Tawas/Alum
6. Pengaduk Cepat/Koagulasi
7. Pengaduk Lambat/Flokulasi
8. Bak Pemngendap/Sedimentasi
9. Saringan Pasir/Filtrasi
10. Chlorinasi
11. Reservoir
12. Distribusi

TABEL (3 - 1) : Metode Pengolahan Air<sup>(2)</sup>

KUALITAS AIR		PRETREATMENT				TREATMENT				
PARAMETER	KONSEN- TRASI	SCREENING	PRECHLO- RINATION	PLANT SETTLING	AERATION	LIME SOFTENING	COAGULATI ON & SEDI- MENTATION	RAPID SA- ND FILTRA- TION	SLOW SAND FILTRA- TION	POST CHLORI- NATION
Coliform MPN per 100 ml	0 - 20									E
	20 - 100			O			O	O	O	E
	100 - 5000		E				E	E		E
	> 5000		E	O			E	E		E
Kekeruhan - units	0 - 100	O								
	10 - 200	O					E	E		
	> 200	O		O tt			E	E		
Kerna - mg/l	20 - 70						O	O		
	> 70						E	E		
Sau dan Rasa	-		O		O				O	
Calcium carbonate - mg/l	> 200					E	E	E		
Besi dan Mangan - mg/l	< 0.3		O	O				S		
	0.3 - 1				O		E	E	O	
	> 1		E		E		E	E	O	
Chloride - mg/l	0 - 250									
	250 - 500									
	500+									
Phenolic - mg/l	0 - 0.005						O	O		
	> 0.005						E	E		
Kontak Berbahaya							E	E		

Keterangan : E = Essential

O = Option

S = special justification required

tt = Untuk air dengan kandungan lumpur tinggi, prasedimentasi mungkin diperlukan.

### 3.2. INTAKE

Kali Bengawan Solo mempunyai kualitas air yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung (tanpa pengolahan) sebagai air minum. Pengerusan yang tinggi pada dasar dan tebing sungai yang terjadi pada musim penghujan serta tidak stabilnya permukaan air pada tiap musim menyebabkan naiknya zat padat dan sulit untuk merencanakan intake tanpa didukung oleh data permukaan air sungai selama beberapa tahun di lokasi yang akan dibangun. Bangunan intake seyogyanya direncanakan untuk pengambilan air dari area sungai dengan konsentrasi terendah. Dalam batasan umum kondisi tersebut terdapat pada permukaan disisi luar belokan aliran sungai.

Faktor faktor utama yang perlu dipertimbangkan didalam perencanaan bangunan intake adalah sebagai berikut :

1. Jalan masuk ke lokasi untuk operasi dan perawatan.
2. Dapat memberikan kapasitas produksi sebesar 70 l/det pada saat muka air sungai minimum.
3. Stabilitas dari dasar sungai dan tebingnya.
4. Biaya yang dibutuhkan.
5. Terbawanya sedimen seminimal mungkin.

Dengan demikian pemecahan secara umum untuk bangunan intake adalah inlet dibuat pada beberapa ketinggian muka air untuk mengantisipasi fluktuasi permukaan air dan mencegah masuknya benda benda terapung dan meminimalkan terbawanya sedimen. Sedangkan pipa inlet disangga dengan tiang/rangka baja

yang dipancangkan kedalam dasar sungai dan terletak pada ketinggian dimana muka air minimum intake masih dapat menjangkau. Intake ini dilengkapi dengan strainer dan bar screen yang berguna untuk mencegah masuknya benda benda yang mengapung.

Pada masing masing inlet dipasang pompa submersible non-clogging dengan kapasitas 80 l/det. Digunakan pompa submersible karena fluktuasi permukaan air yang tinggi pada sungai menyebabkan berubahnya ketinggian suction lift pompa. Pada pompa sentrifugal pompa tidak dapat diletakkan di permukaan tanah, jika perbedaan tinggi antara level air sungai terendah dengan permukaan tanah (letak pompa) lebih besar daripada suction head hasil perhitungan. Dan juga perlu pengamanan terhadap bahaya banjir, jika letak pompa berada dibawah permukaan air sungai, karena pompa dan motor tidak boleh terendam air. (*Tugas Akhir Indra Moelyowati "Pemilihan dan Pemanfaatan Pompa Dalam Aplikasi di Bidang Teknik Lingkungan*).

### 3.3. PEMBUBUHAN CHLOR

Dalam perencanaan ini pembubuhan chlor dilakukan pada dua tempat :

1. Pada awal proses pengolahan air minum (Pre Chlorinasi)

Tujuan dari proses ini untuk mereduksi beberapa parameter yang melebihi batas yang disyaratkan seperti amonia, warna dan besi.

2. Pada akhir proses pengolahan air minum (Post Chlorinasi)

Tujuan dari proses ini sebagai disinfektan dan pengamanan pada jaringan distribusi.

### 3.3.1. Prinsip Chlorinasi Dalam Air Minum

Chlorinasi merupakan proses yang paling sering digunakan dalam pengolahan air minum, karena chlorinasi didalam air mencakup proses sebagai berikut :

1. Disinfeksi
2. Mengoksidasi materi organik dan anorganik
3. Kontrol terhadap pertumbuhan mikroorganisme

Proses tersebut dilakukan oleh berbagai bentuk senyawa chlor dengan tingkat oksidasinya yang bervariasi. Bentuk dan penyebaran chlor dalam air tergantung pada pH, temperatur dan karakteristik air. Berbagai bentuk senyawa klorin dalam air antara lain :

- Gas chlorin
- Asam Hipochlorite ( $\text{HOCl}$ )
- Ion Hipochlorite ( $\text{OCl}^-$ )
- Monochloramine ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ )

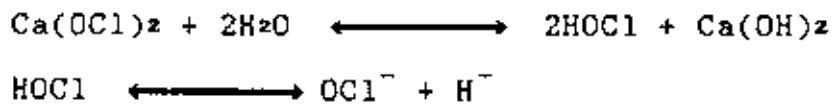


- Dichloramine ( $\text{NHCl}_2$ )

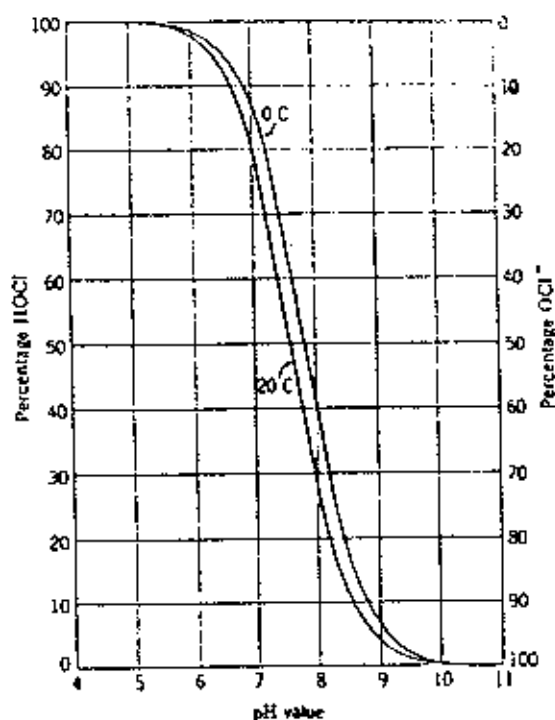
- Trichloramine ( $\text{NCl}_3$ )

Gas chlorine, asam hipochlorite dan ion hipochlorite disebut sebagai kandungan chlor tersedia bebas sedang chlor dalam ikatan dengan amine disebut sebagai kandungan chlor tersedia terikat.

Dalam perencanaan ini chlor yang digunakan berasal dari Calsium hipochloride/ $\text{Ca}(\text{OCl}_2)$  atau sering dikenal dengan nama kaporit karena harganya lebih murah. Kaporit mempunyai sifat yang stabil dan larut dalam air serta mengandung 70% - 80% chlor tersedia bebas. Kaporit merupakan padatan garam berwarna putih non higroskopis, korosif dan menimbulkan bau chlorine. Apabila kaporit dilarutkan dalam air maka akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Penyebaran bentuk senyawa senyawa chlor pada berbagai nilai pH dan temperatur seperti Gambar (3-2) berikut ini :

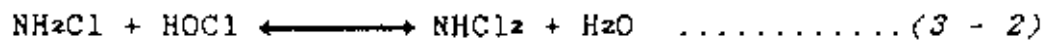
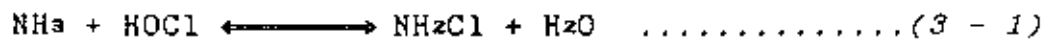


Gambar 3 - 2 : Distribusi HOCl Pada Beberapa pH<sup>(3)</sup>

### 3.3.2. Reaksi Dengan Amonia (NH<sub>3</sub>)<sup>(11,18)</sup>

Zat amonia (NH<sub>3</sub>) dalam air akan bereaksi dengan chlor atau asam hipochlorite akan membentuk monochloramine (NH<sub>2</sub>Cl), dichloramine (NHCl<sub>2</sub>) atau trichloramine (NCl<sub>3</sub>) tergantung pada

beberapa faktor seperti pH, perbandingan konsentrasi pereaksi, dosis dan suhu. Reaksi reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

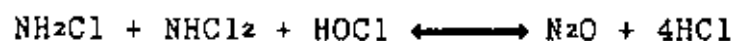


Bila pH larutan  $\geq 7$  terbentuk monochloramine (reaksi 3 - 1), dan sekaligus sedikit dichloramine. Antara  $4 \leq \text{pH} \leq 6$  dichloramine terutama terbentuk (reaksi 3 - 2). Dan bila pH larutan  $< 3$  maka terbentuk trichloramine (reaksi 3 - 3).

Bila cukup banyak  $\text{NH}_3$  dalam larutan maka  $\text{NH}_2\text{Cl}$  cukup stabil, namun bila kelebihan chlor,  $\text{NH}_2\text{Cl}$  akan terurai hingga terbentuk gas  $\text{N}_2$  dengan reaksi sebagai berikut :



Besarnya kebutuhan chlor untuk merubah Amonia ( $\text{NH}_3$ ) menjadi  $\text{N}_2$  adalah sesuai dengan reaksi sebagai berikut :

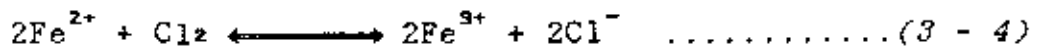


dimana : 4 mol chlorine sebanding dengan 2 mol amonia (2 : 1).

Beberapa literatur menyarankan untuk tiap 1 ppm amonia digunakan 5 ppm monochloramine<sup>(3)</sup> dan 3 sampai 4 ppm chlorine<sup>(11)</sup>

### 3.3.3. Reaksi Dengan Besi (Fe)

Reaksi klorine dengan besi digunakan untuk mengendapkan besi dari air. Klorine akan bereaksi dengan Ferros ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi Ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Ferri chlorida akan terhidrolisa dengan cepat dan membentuk ferri hidroksida.



dimana : 1.6 mg Fe sebanding dengan 1 mg  $\text{Cl}_2$ <sup>(11)</sup>

### 3.3.4. Kebutuhan Chlor Untuk Disinfeksi

Besarnya kebutuhan chlor dalam proses pengolahan air minum dapat diperinci sebagai berikut :

1. Semua kebutuhan bahan kimia (chlor) digunakan untuk mengoksidasi bahan anorganik seperti Fe, Mn,  $\text{H}_2\text{S}$  dan CN.
2. Semua kebutuhan chlor untuk mengoksidasi bahan organik seperti protein, lemak, asam amino dan lain lain.
3. Semua kebutuhan untuk mengubah  $\text{NH}_3$  menjadi  $\text{N}_2$ .
4. Sisa chlor untuk pengamanan sepanjang pipa distribusi.

Semua kebutuhan chlor tersebut untuk suatu jenis air dapat dilakukan penelitian dengan metoda "Break Point Chlorination". Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan beberapa deret konsentrasi chlor terhadap suatu jenis air pada waktu kontak 30 menit. Secara umum kebutuhan chlor dengan metoda ini dapat

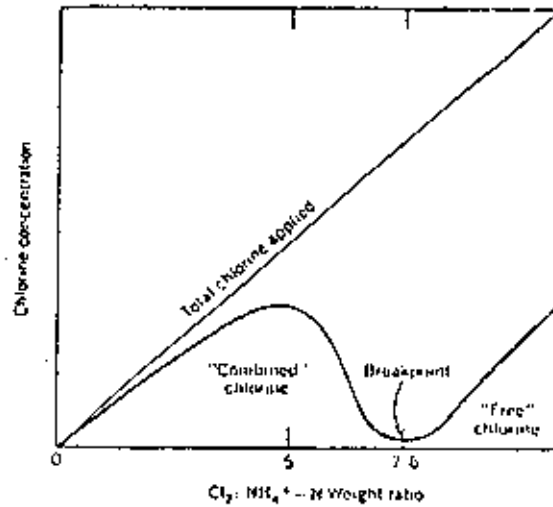
terlihat pada Gambar (3-3).

Dari Gambar (3-3) tersebut dapat diterangkan kebutuhan chlor sebagai berikut :

1. A - B : Kebutuhan chlor untuk oksidasi bahan organik dan anorganik.
2. B - C : Monochloramine terbentuk, yaitu kebutuhan chlor untuk oksidasi  $\text{NH}_3 \longrightarrow \text{NH}_2\text{Cl}$ .
3. C - D : Monochloramine yang ada diubah menjadi  $\text{N}_2$
4. D - E : Chlor tersedia bebas yang naik secara seimbang dengan penambahan chlor.

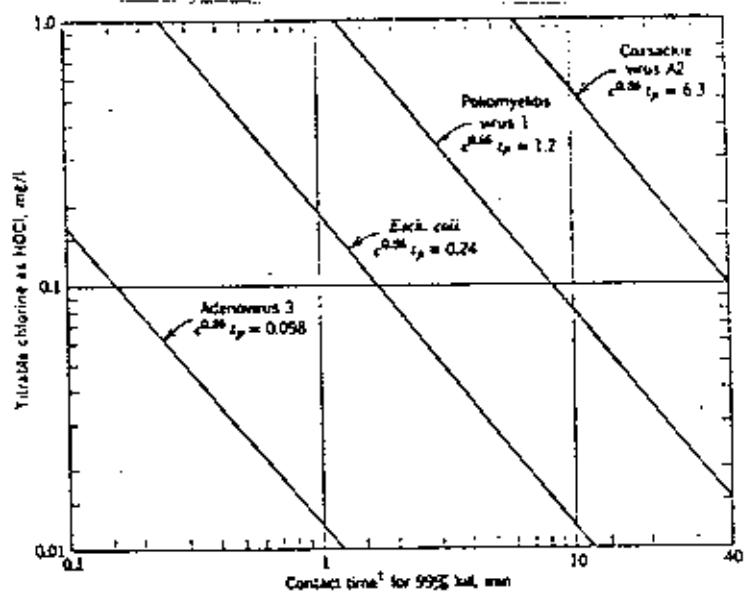
Dari banyaknya variabel tersebut maka besarnya chlor untuk mencapai titik retak tidak dapat dilakukan analisa matematis secara pasti. Prosedur yang biasa digunakan penentuan tersebut dilakukan secara analisa untuk tiap tiap parameter parameter yang berpengaruh terhadap penambahan chlor.

Waktu kontak yang dibutuhkan umumnya diambil sebesar 20 menit yang merupakan waktu kontak yang dibutuhkan residu chlor minimum sebesar 0.06 untuk mereduksi bakteri 99% bakteri coli. Faktor faktor yang berpengaruh terhadap waktu kontak adalah konsentrasi, jenis mikroorganisme dan temperatur air. Hubungan antara waktu kontak dan jenis mikroorganisme dapat terlihat pada Gambar (3-4). Sedang waktu kontak dan residu chlor yang dibutuhkan untuk membunuh 99% *Eschiricia colli* tercantum pada Gambar (3-5). Sistem pembubuhan dengan menggunakan pompa dosing (dosing pump).

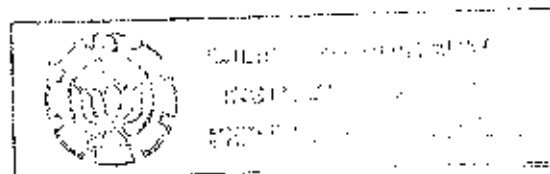


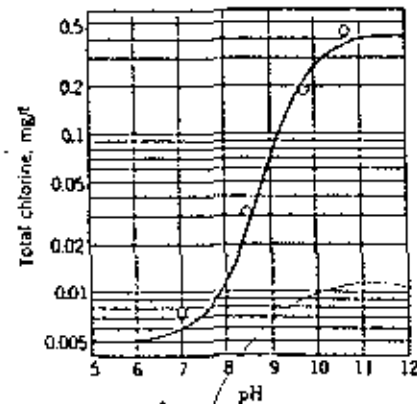
Breakpoint curve. (Source: White, 1978.)

Gambar (3 - 3) : Grafik Break Point Chlorination



Gambar (3 - 4) : Hubungan antara Waktu Kontak Dan Jenis Mikroorganisme





Concentration of free available chlorine required for 99% kill of *Esch. coli* in 30 min at 2 to 5 C.

Gambar (3 - 5): Waktu Kontak dan Sisa Chlor Yang Dibutuhkan Untuk membunuh 99% *Eschiricia Colli*

#### 3.4. PEMBUBUHAN KAPUR

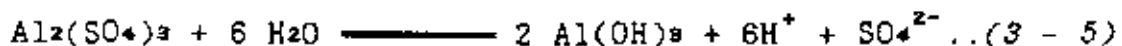
Pembubuhan kapur digunakan bila pH dari air baku rendah sehingga pada saat pembubuhan koagulan (aluminium sulfat) pH akan turun dibawah nilai optimum koagulasi. Pembubuhan kapur diperlukan untuk menaikkan pH ke suatu nilai yang diinginkan.

Sistem pembubuhan menggunakan pompa dosing karena lebih akurat dan dapat diletakkan jauh dari titik pembubuh, tetapi sistem ini memerlukan perawatan secara berkala.

### 3. .5. PEMBUBUHAN ALUMINIUM SULFAT

Aluminium sulfat perlu dibubuhkan sebagai koagulan yang diletakkan sebelum bak sedimentasi. Jar-test koagulasi flokulasi telah dilakukan pada air sungai Bengawan Solo dan hasilnya menunjukkan bahwa dosis koagulan optimum antara 9 - 9.5 ml 1000 ppm Al diperlukan untuk mencapai flokulasi yang baik. Pembubuhan Alum menurunkan pH air baku sampai 7.3 dan kekeruhan hingga 6 mg/l SiO<sub>2</sub>. Pada saat kapasitas operasi/pengolahan 80 l/det dibutuhkan sekitar 808 kg Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 18 H<sub>2</sub>O atau 723 kg Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) 14 H<sub>2</sub>O perhari. Besarnya volume dan jumlah tangki pembubuh dibuat sesuai pengoperasian bak dalam memenuhi kebutuhan 1 hari operasi.

Hidrolisa atom Al dalam air menurut reaksi umum adalah sebagai berikut :



Reaksi ini menyebabkan pembebasan ion H<sup>+</sup>, sehingga pH larutan berkurang. Akibat efek pengasaman ini, maka proses flokulasi tidak dapat berlangsung dengan baik dalam air yang mengandung kadar Al yang tinggi, karena pH terlalu rendah, sedang untuk membentuk Al(OH)<sub>3</sub> dibutuhkan pH 6 sampai 8. Asam dinetralkan kalau kapasitas Buffer yakni alkalinitas dalam air cukup tinggi. Pada proses flokulasi selain zat padat dan koloid tersebut, juga warna dan sedikit fosfat dan logam terlarut diendapkan oleh flok-flok Al(OH)<sub>3</sub>.



Karena Aluminiukm Sulfat yang digunakan berupa bongkahan (granular) maka alat pengaduk yang digunakan untuk pencampuran alum dalam tangki selama operasi adalah udara. Teknis ini sangat efektif dan meminimumkan kemungkinan terganggunya sistem karena kerusakan pada alat pengaduk. Sistem pembubuhan menggunakan pompa dosing untuk mendapatkan dosis yang lebih akurat.

### 3.6. MIXING

Mixing (pengadukan) digunakan untuk mencampur bahan kimia (Calsium hipochlrite, Aluminium Sulfat dan kapur) kedalam air. Kondisi pengadukan dalam air dinyatakan dengan nilai Gradien kecepatan ( $G$ ). Gradien kecepatan merupakan perbedaan kecepatan antara dua titik atau dua garis arus pada suatu aliran fluida. Perbedaan kecepatan ini disebabkan oleh gaya luar atau gaya geser dinding. semakin besar nilai gradien kecepatan berarti semakin besar perbedaan kecepatan antar bagian suatu aliran, yang berarti aliran akan semakin turbulen. Gradien kecepatan dinyatakan dalam :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \dots\dots\dots (3 - 6)$$

dimana :  $P$  = Power input (J/det atau W)

$\mu$  = viskositas dinamis (kg/m)

$V$  = kapasitas reaktor ( $m^3$ )

Faktor faktor yang berpengaruh pada perencanaan dan pemilihan pengadukan yaitu :

1. Kekeruhan air baku yang akan diolah
2. Temperatur air
3. Jenis pengolahan yang digunakan
4. Bahan kimia yang digunakan

Terdapat beberapa jenis alat pengadukan yang sering digunakan dalam pengolahan air yaitu :

1. Secara mekanik
2. Hidrolik Jump
3. Pengadukan statis pada pipa
4. Pengadukan statis
5. Pengadukan pada saluran terbuka
6. Pengadukan dengan udara

#### **3.6.1. Pengaduk Cepat**

Fasilitas pengaduk cepat diperlukan sebagai tempat proses koagulasi yaitu :

1. Untuk dapat melarutkan bahan kimia/koagulant dalam air.
2. Untuk mendistribusikan koagulant secara merata dalam air.
3. Untuk dapat menghasilkan partikel partikel halus sebagai inti koagulasi, sebelum reaksi koagulasi selesai.

**Kriteria perencanaan**

Pendekatan : Gradien kecepatan tidak lebih kecil dari  $100\text{det}^{-1}$   
dan periode pengadukan ( $t_d$ ) dapat lebih kecil dari  
60 det.

Rata rata :  $G = 200 - 400 \text{ det}^{-1}$  dengan  $t_d = 30 - 20 \text{ det}$

Camp's Number = 6000 - 8000

Pilihan :  $G < 1000 \text{ det}^{-1}$  dan  $t_d < 5 \text{ det}$

Jenis pengadukan yang digunakan : Pengadukan statis dalam pipa. Alternatif ini dipilih karena dapat memanfaatkan pipa air baku dari intake dan energi yang ada pada aliran air dalam pipa serta tidak memerlukan bangunan tambahan. Untuk ini kecepatan aliran air dalam pipa tidak boleh lebih kecil dari  $0.7 \text{ m/det}$  dan umumnya digunakan kecepatan sebesar  $2 \text{ m/det}$ .

**3.6.2. Pengaduk Lambat**

Fasilitas ini umumnya berfungsi sebagai tempat proses agitasi dalam pembentukan flock, yaitu:

1. Memberi kesempatan kepada partikel partikel (flok flock kecil) yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flock flock yang ukurannya semakin lama semakin besar.
2. Memudahkan flokulant dengan benang benangnya untuk mengikat flock flock kecil menjadi ikatan flock yang ukurannya semakin lama semakin besar.

3. Mencegah pecahnya kembali flok flok yang sudah terbentuk.

#### Kriteria perencanaan

Pendekatan : Gradien kecepatan selalu  $< 100 \text{ det}^{-1}$ .

Rata rata :  $G = 75 \text{ det}^{-1}$  dan  $t_d = 2000 \text{ det}$

Sehingga  $G t_d = 150000$

Pilihan : Gradien kecepatan dapat 100, 90, 70, 50, 30 dan  $10 \text{ det}^{-1}$ .

Jenis fasilitas pengaduk lambat yang digunakan adalah Baffle Walls. Alternatif ini digunakan karena tidak menggunakan energi, mudah pengoperasian dan perawatan namun tidak terlalu efektif untuk debit yang senantiasa berubah. Hal yang perlu diperhatikan adalah keseluruhan luas lubang dibanding luas dinding 2 - 5 % dan tidak lebih dari 10% serta untuk mencegah pecahnya flok yang telah terbentuk, kecepatan aliran melalui lubang tidak lebih dari 0.3 m/det.

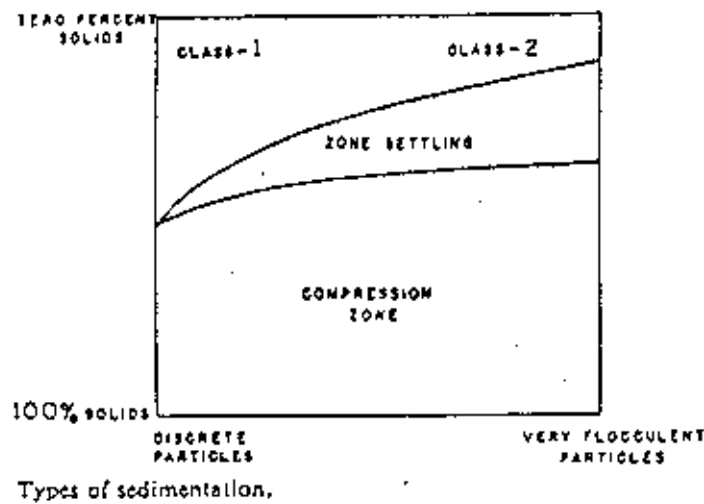
### 3.7. SEDIMENTASI

Sedimentasi adalah suatu proses pemisahan (separation) yang umumnya digunakan untuk menggeser (removal) suspensi solid yang tidak stabil pada air dan air limbah.

Proses sedimentasi menurut *Fitch* (1958) terdiri dari empat kelompok yang berbeda, tergantung pada konsentrasi

suspensi dan flokulat dari partikel. Klarifikasi I adalah pengendapan dari partikel diskrit, yaitu partikel yang selama pengendapannya tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran dan beratnya. Klarifikasi II meliputi partikel partikel flokulat dimana selama proses pengendapannya partikel mengalami perubahan ukuran dan kecepatannya semakin bertambah. Klarifikasi yang lain adalah zone settling dan kompresi yang umumnya terdapat activated sludge dan suspensi kimiawi flokulen dimana zone settling terdapat antara konsentrasi dari partikel flokulen dan konsentrasi yang lebih besar dari suspensi partikulat. Pada banyak kasus lumpur mengendap dengan kecepatan awal yang sama, dimana kecepatan ini merupakan fungsi konsentrasi awal lumpur. Jika konsentrasi meningkat, kecepatan mengendap akan berkurang di zone transisi. Akhirnya zone kompresi terbentuk bersama dengan bertambahnya konsentrasi lumpur yang mengendap sampai terbentuk lapisan lumpur dan larutan.

Untuk merencanakan bangunan sedimentasi, diperlukan karakteristik suspended solid yang akan diolah. Percobaan secara batch seringkali mendapatkan hasil guna mengetahui karakteristik suspended solid. Prosedur yang umum digunakan adalah menggunakan kolom tes, dimana sampel dianalisa setiap interval waktu tertentu dan kedalaman yang berbeda.



Gambar (3 - 6): Type dari sedimentasi<sup>(10)</sup>

### 3.7.1. Klarifikasi 1

Pengendapan partikel diskrit terjadi jika selama proses pengendapan partikel tersuspensi tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran dan beratnya (non flocculating particle).

Jika suatu partikel dimasukkan kedalam larutan yang diam, partikel akan bergerak kebawah dengan percepatan tertentu bila gaya berat partikel lebih besar dari gaya apung dan gaya drag partikel. Maka besarnya percepatan turun partikel dapat dijelaskan melalui hukum *Newton's* sebagai berikut :

$$m \frac{dV_s}{dt} = F_w - F_b - F_d \dots\dots\dots (3 - 7)$$

dimana :  $F_w$  = gravity force (gaya berat)

$$\rho_s V_p g \dots\dots\dots (3 - 8)$$

$F_b$  = buoyant force (gaya apung)

$$\rho_t V_p g \dots\dots\dots (3 - 9)$$

$F_d$  = drag force (gaya drag)

$$\frac{C_d A_p \rho_t V_s^2}{2} \dots\dots\dots (3 - 10)$$

$V_s$  = kecepatan linear mengendap partikel

$t$  = waktu

$m$  = massa partikel

$\rho_s$  = densitas partikel

$\rho_t$  = densitas larutan

$V_p$  = volume patikel

$C_d$  = koesian drag

$A_p$  = luas permukaan terhadap garis arus partikel

Dengan mensubstitusikan persamaan (3-8), (3-9) dan (3-10) kedalam persamaan(3-7), didapat :

$$m \frac{dV_s}{dt} = g (\rho_s - \rho_t)V_p - \frac{C_d A_p \rho_t V_s^2}{2} \dots\dots (3 - 11)$$

Setelah periode tertentu percepatan ( $dV_s/dt$ ) partikel menjadi 0 dan kecepatan partikel menjadi tetap. Sehingga kecepatan partikel dapat dirumuskan menjadi :

$$v = \sqrt{\left[ \frac{2g (\rho_s - \rho_t)}{C_d \rho_t} \right] \left[ \frac{V_p}{A_p} \right]} \dots\dots\dots (3 - 12)$$

dimana :  $W$  = kecepatan mengendap partikel

Jika partikel berbentuk bulat dengan diameter  $d$  maka  $A_p = \pi d^2/4$  dan  $V_p = \pi d^3/6$ , sehingga persamaan (3-12) menjadi

$$W = \sqrt{\left[ \frac{4g}{3Cd} \right] \left[ \frac{\rho_s - \rho_t}{\rho_t} \right] d^3} \dots\dots\dots(3 - 13)$$

Besarnya Newton's koefisien drag merupakan fungsi dari bilangan Reynold. Bilangan Reynold dinyatakan sebagai berikut

$$Re = \frac{Vs \cdot d}{\nu} \dots\dots\dots(3 - 14)$$

Hubungan antara  $Re$  dan  $Cd$  pada partikel adalah sebagai berikut:

$Re < 1$  Aliran fluida dalam keadaan laminar  
menurut Stoke  $Cd = \frac{24}{Re} \dots\dots(3 - 15)$

$1 < Re < 1000$  Aliran fluida dalam keadaan transisi  
menurut Allen  $Cd = \frac{18}{Re^{0.6}} \dots(3 - 16)$

Atau menurut Geyer aliran transisi

$$1 < Re < 10000 \quad Cd = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \dots\dots(3 - 17)$$

$Re > 1000$  Aliran fluida dalam keadaan turbulen  
menurut Newton's  $Cd = 0,4 \dots(3 - 18)$

Pemisahan partikel diskrit pada bak pengendap (sedimentasi) pada kondisi ideal, kecepatan mengendap partikel dinyatakan dalam :



$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\text{kedalaman bak}}{\text{waktu detensi}} = \frac{\text{kedalaman bak}}{\text{volume bak/flow rate}} \\
 &= \frac{\text{kedalaman bak}}{(\text{luas} \times \text{kedalaman})/\text{flow rate}} = \frac{Q}{A} \dots\dots(2 - 19)
 \end{aligned}$$

Apabila konsentrasi awal dari suspensi adalah sama, konsentrasi semua partikel yang mempunyai kecepatan mengendap kurang dari  $W$  adalah sama dengan kecepatan mengendap pada kondisi awal. Untuk laju pengendapan sebesar  $Q_0$  akan didapatkan over flow rate ( $W$ ) tertentu. Dimana partikel yang mempunyai kecepatan mengendap lebih besar dari  $W$  akan terendapkan semua. Sedangkan partikel yang mempunyai kecepatan mengendap kurang dari  $W$  akan tetap berada didalam larutan. Maka persentase removal partikel diskrit dinyatakan sebagai berikut :

$$R = (1 - f_0) + \frac{1}{W} \int_0^{f_0} V_s df \dots\dots\dots(2 - 20)$$

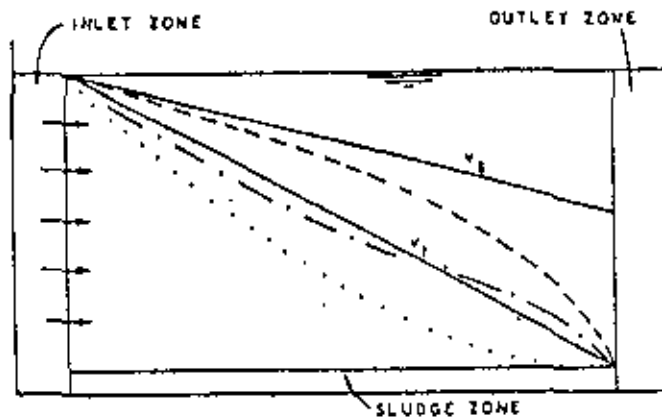
dimana :  $R$  = persen removal

$f_0$  = berat fraksi yang tertinggal dalam effluent

$V_s$  = kecepatan mengendap pada fraksi berat ke  $f$

$W$  = over flow rate

Kurva kecepatan mengendap partikel untuk psrtikel diskrit dapat digambarkan sebagai berikut Gambar (3-7)



Gambar (3 - 7) : Kurva Kecepatan Mengendap Untuk Partikel Diskrit

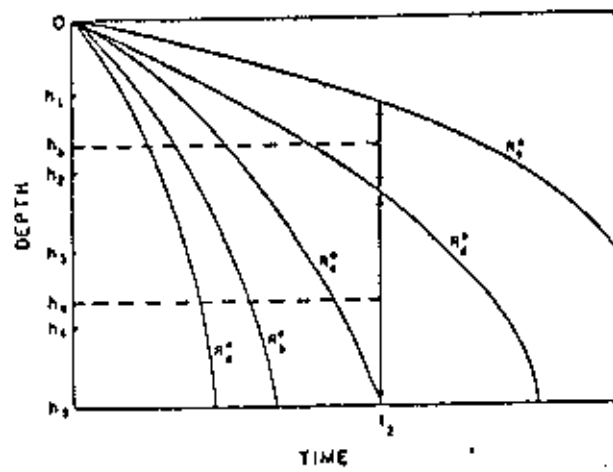
### 3.7.2. Kalrifikasi II

Partikel flokulen adalah partikel yang selama proses pengendapannya mengalami perubahan bentuk, ukuran dan densitasnya. Partikel partikel ini karena penambahan bahan kimia akan saling berdekatan dan teragregasi membentuk partikel partikel yang lebih besar sehingga partikel baru yang terbentuk mempunyai kecepatan mengendap yang lebih besar dari keadaan awalnya. Makin besar kedalaman bak maka akan semakin besar kemungkinan terkontakanya partikel partikel tersebut

Berdasarkan Gambar (3-8), maka persentase removal partikel flokulen dinyatakan sebagai berikut:

$$R_c = R_c + \frac{h_a}{t_2 V_o} (R_d - R_c) + \frac{h_b}{t_2 V_o} (R_e - R_d) \dots\dots (2 - 21)$$

dimana :  $V_o$  = over flow rate ( $m^3/t_2$ )



Gambar (3 - 8) : Removal Partikel Flokulen

### 3.8. FILTRASI

Dalam merencanakan filter beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

#### 3.8.1. Jenis, Ukuran Dan Jumlah Filter

Dalam menentukan jenis filter yang akan digunakan ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian dan pertimbangan seperti faktor biaya, kualitas air hasil filtrasi (effluent filter), sistem pengoperasian dan perawatan serta kemungkinan untuk dikembangkan. Filter cepat merupakan suatu alternatif dalam pengolahan air minum dengan air baku yang berasal dari sungai dimana lahan yang tersedia terbatas, debit pengolahan yang besar serta pencucian yang lebih cepat, mudah dan dapat dilakukan setiap waktu dengan sistem backwash.

Untuk pengolahan air minum menengah sampai besar (kapasitas 5 - 10 mgd atau 219 - 438 l/det) jumlah minimum dari suatu unit filter biasanya 4 buah sedangkan untuk pengolahan dengan kapasitas lebih kecil jumlah minimum dari filter biasanya 2 buah, hal ini untuk menjaga kontinuitas dari kebutuhan air apabila pencucian filter dilakukan.

Ukuran maximum dari filter umumnya ditentukan dari ukuran ekonomis dan fasilitas pencucian dan kemungkinan kesulitan untuk mendapatkan keseragaman distribusi pencucian dengan air dan udara pada seluruh lapisan dan permukaan filter. Secara praktis ukuran maksimum dari filter cepat secara gravitasi adalah  $100m^2$  (11)

Secara matematis menurut Huissman jumlah filter berdasarkan kapasitas pengolahan adalah :

$$n = 12 \sqrt{Q} \dots\dots\dots(3 - 14)$$

dimana :  $n$  = jumlah filter

$Q$  = kapasitas produksi dalam  $m^3/det$

Dan untuk ekonomis pada konstruksi, operasi dan pengontrolan unit filter, sebaiknya direncanakan secara kompak (terpadu) dengan influent dan effluent dalam suatu aliran untuk meminimalkan kehilangan tekanan yang terjadi.

Perbandingan antara panjang dan lebar dari bangunan filter direncanakan untuk mendapatkan keseimbangan ekonomis antara penghematan biaya akibat ruang (galeri) pipa yang pendek dan termasuk didalamnya biaya dari bangunan untuk dinding dari filter. Pendekatan perbandingan dapat dibuat setelah total filter area ( $A$ ) dan jumlah filter ( $n$ ) diketahui.

$$\frac{A}{n} = L \cdot W \dots\dots\dots(3 - 15)$$

Apabila perbandingan panjang dan lebar adalah  $K1$  maka :

$$K1 = \frac{L}{W}$$

$$\frac{A}{n} = K1 \cdot W^2$$

$$W = \left[ \frac{A}{K1 \cdot n} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3 - 16)$$

$$L = \left[ \frac{K1 \cdot n}{A} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3 - 17)$$

dimana :  $K1$  = perbandingan antara panjang dan lebar bak

$L$  = panjang filter

$W$  = lebar filter

### 3.8.2. Kecepatan Filtrasi Dan Terminal Head Loss<sup>(41)</sup>

Pengaruh dari kecepatan filtrasi pada effluent filtrasi dapat berbeda besarnya tergantung pada jenis penerapannya. Pada filtrasi dengan flok dari koagulan alum dan polymer atau flok biologis pada influent dengan sedikit sampai sedang konsentrasi solid, efek dari kecepatan filtrasi pada effluent filtrasi tidak begitu berarti sampai kecepatan 6,94 mm/det dan beralasan jika panjang kerja filter yang diinginkan mungkin akan tercapai. Dengan flok kimia yang lembek yang mana flok alum pada konsentrasi yang tinggi dan sedikit flokulasi dari flok biologis, kualitas air hasil filtrasi cenderung untuk turun pada kecepatan filtrasi lebih dari 3,47 mm/det (5gpm/ft<sup>2</sup>). Pada kecepatan tinggi solid cenderung untuk masuk (penetrasi) dan head loss yang akan terjadi perunit volume filter mungkin pada kenyataannya akan berkurang pada kecepatan tinggi oleh karena sedikit solid yang terpisahkan.

Beberapa kepustakaan menyebutkan kecepatan filtrasi yang berbeda beda, namun secara umum filter cepat mempunyai kecepatan filtrasi tidak kurang dari 2.5 m/jam sampai 50 m/jam.



bagian media filter karena belum ada aliran. Pada saat  $t_1$  dimana merupakan awal filtrasi (filter dalam keadaan bersih) head loss yang terjadi sebesar  $x$  unit panjang (feet/cm). Pada saat  $t_2$  dimana negatif head terjadi ketika penjumlahan dari head loss dari media turun hingga melampaui kedalaman dari air (tekanan yang tersedia). Keberadaan dari negatif head ini mengganggu mekanisme filtrasi, karena terjadi kantong kantong udara pada daerah tekanan negatif. Udara yang ada mungkin juga terjadi karena terlepasnya gas dari air atau dari retak pada dinding bangunan filter. kantong kantong udara ini akan menurunkan luas efektif dari media filter, bertambahnya kecepatan filtrasi dan head loss, udara ini akan menempati sebagian filter dan pada akhirnya akan menurunkan kualitas effluent jika kerja filter diteruskan.

### 3.8.3. Rencana Pengontrolan Aliran Filtrasi

Ada 5 jenis pengontrolan filtrasi yang digunakan yaitu (1) *Constant-rate filtration*, (2) *Declining-rate filtration*, (3) *Constant-level filtration*, (4) *Equal-loading filtration* dan (5) *Constant-pressure filtration*.

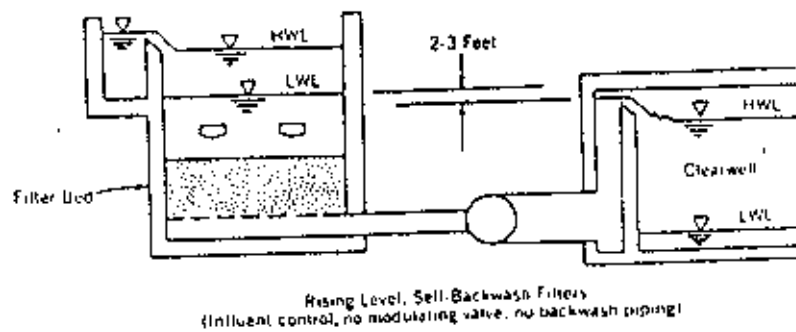
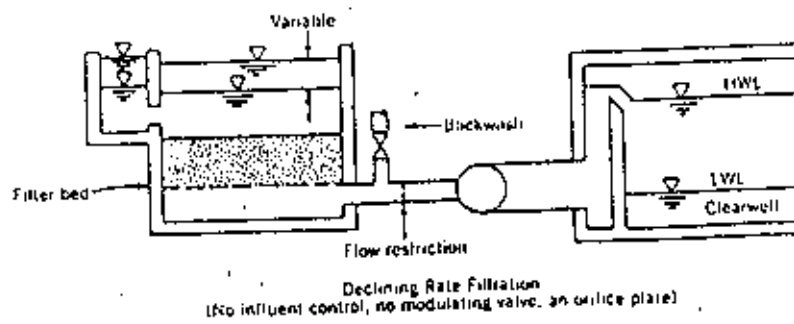
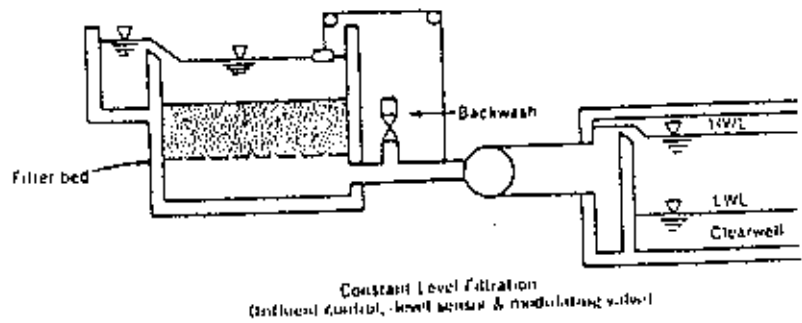
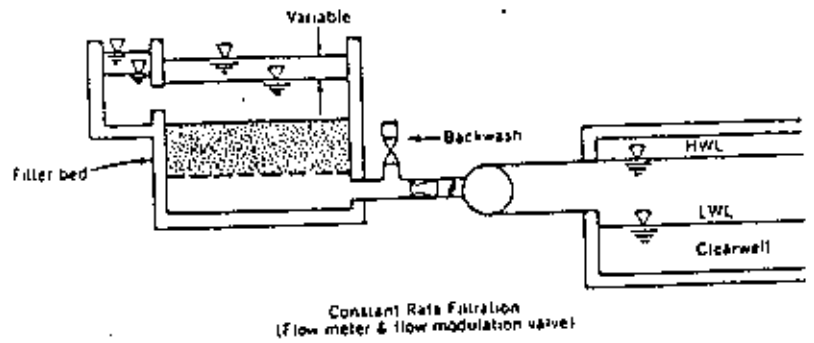
Dimana declining-rate dan constant-pressure umumnya digunakan pada pressure filter. Equal-loading filter digunakan pada influent splitting yang dirancang untuk terdistribusi ke permukaan area, aliran antara semua pengoperasian filter haruslah seimbang. Equal-loading dengan kenaikan (rising) tidak



mempunyai pengontrolan aliran dengan katup (valve) tetapi mempunyai kontrol effluent weir untuk dapat mengatur aliran effluent. Constant-level filter mempunyai kontrol aliran dengan valve pada effluent pipa untuk mengatur permukaan air yang mana pada filter, level airnya relatif tetap. Constant-rate filtrasi biasanya menggunakan pengontrolan dengan ventury type floe tube dan flow modulating valve untuk tiap tiap filter untuk menjaga agar kecepatan filtrasi relatif tetap. Pada declining-rate filtrasi tidak menggunakan kontrol kecepatan aliran tetapi mungkin memasukkan hidrolis restriction yang mana pada orrifice plate pada masing masing filter untuk mendekati nilai rate filtrasi atau untuk menyeragamkan rata rata kecepatan filtrasi. Kekurangan pada constant-rate terletak pada biaya pembangunan dan perawatan yang lebih tinggi dan kompleks dibandingkan pada decling-rate karena peralatan control. Pada declining-rate rata rata kualitas effluent menunjukkan kekeruhan 30% - 60% lebih rendah dari constant-rate.<sup>(20)</sup>

Perencanaan kontrol aliran filtrasi senantiasa berkembang, pada akhir akhir ini equal-loading dengan self backwash lebih menarik. Jenis dari rencana pengontrolan ini akan memungkinkan menjadi populer karena sederhana, kebutuhan energi dan biaya rendah. Dan mampu untuk mengatasi kesukaran kebutuhan tekanan saat backwash dengan pompa dan tangki penyimpan air, dan pencucian dapat ditentukan berdasarkan

(titik retak kekeruhan) turbidity breakthrough, waktu atau head loss yang direncanakan. Pada pelaksanaannya sistem ini sesuai untuk pengolahan yang memiliki lebih dari 4 unit bangunan filter.



Gambar (3-10) : Sistem Pengontrolan Aliran Pada Filter

#### 3.8.4. Kedalaman Media, Ukuran Dan Material

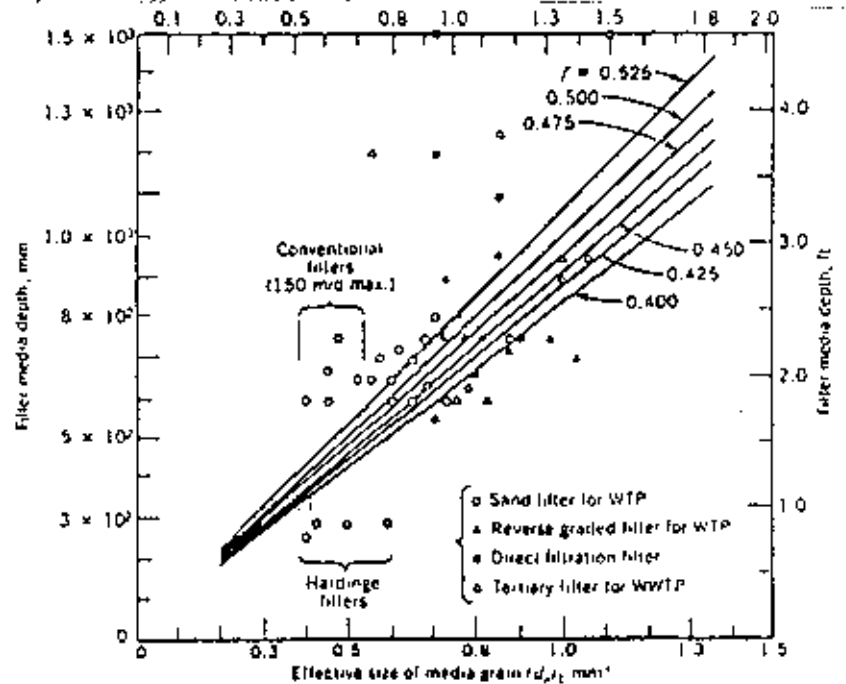
Partikel tersuspensi yang terdapat pada influent filtrasi akan terkumpul pada permukaan media filter karena mekanisme pengangkutan, pelekatan dan straining yang mana kesemuanya berhubungan erat dengan luas permukaan media filter. Karena itu efisiensi filter merupakan fungsi karakteristik fisik dari filter bed, yang mana didalamnya menyangkut porositas butiran dan ratio dari kedalaman media terhadap ukuran media. Pemilihan kedalaman media dan ukuran merupakan keputusan penting dalam suatu perencanaan filter. Ada dua jalan dalam menentukan ukuran dan kedalaman bed pada media filter yaitu :

1. Menggunakan pilot plant
2. Menggunakan data sebenarnya dari fasilitas pengolahan yang ada untuk air yang sama.

Dari beberapa kemungkinan kombinasi dari ukuran media dan kedalaman, hubungan antara ketebalan dan effective size (berat media yang mempunyai berat kumulatif 10% dari seluruh berat) dari beberapa filter cepat dapat ditunjukkan pada Gambar (3-11).

Beberapa permasalahan penyebab penghamburan pada Gambar (3-11) adalah porositas dari masing masing filter tidak sama, variasi dalam objektivitas dari penjernihan dan karakteristik air baku serta metode pretreatment tidak sama. untuk masing

masing filter. Hubungan antara  $L$  dan  $d_e$  pada gambar dapat diasumsikan adalah  $L/d_e = \text{konstan}$ .



Gambar (3 - 11) : Hubungan Antara Kedalaman dan Ukuran Media.

susunan media yang baik untuk proses filtrasi adalah bila bagian sebelah atas lebih kasar dan makin kebawah makin halus. Jika susunannya terbalik maka akan cepat terjadinya clogging di lapisan atas, sehingga tidak seluruh kedalaman media berfungsi. Dengan susunan bagian kasar diatas dan halus dibawah maka seluruh lapisan (kedalaman) filter bisa berfungsi dan clogging yang terlalu cepat bisa dihindari. Hal inilah yang menyebabkan penggunaan filter dual media lebih memuaskan dibandingkan dengan single media.

Pada filter dual media yang menggunakan dua jenis media yang mempunyai specific gravity yang berbeda dimana media dengan specific gravity yang lebih kecil dan ukuran yang lebih besar diletakkan pada bagian atas sedangkan media dengan specific gravity yang lebih besar dan ukuran yang lebih kecil terletak dibawah sehingga setelah backwash (pencucian media dengan aliran balik) susunan media akan terstratifikasi (tersusun secara berlapis lapis) dengan media yang memiliki specific gravity lebih kecil akan terletak pada bagian atas

Menurut Baumann untuk media dengan menggunakan dua media yang berbeda ketebalan lapisan adalah sebagai berikut :

- Batu bara = 0,46 - 0,61 m
- Pasir = 0,38 - 0,46 m

Agar stratifikasi tercapai pada saat setelah backwash maka : menurut Amirtharajah diameter butiran batu bara pada lapisan terbawah dibagi diameter butiran teratas dari pasir adalag sebagai berikut

$$\frac{d_c}{d_s} = \left[ \frac{\psi_s}{\psi_c} \right] \left[ \frac{Sg_s - 1}{Sg_c - 1} \right]^{0.52} \dots\dots\dots(3 - 18)$$

- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| $d_c/d_s < 2,5$ | terjadi pemisahan         |
| $d_c/d_s > 4,0$ | akan terjadi intermix     |
| $d_c/d_s = 3,0$ | terjadi intermix sebagian |

### 3.8.5. Pencucian Filter

Pemilihan sistem pencucian filter tergantung pada karakteristik air baku, jenis filter yang dipilih dan material dari media yang digunakan.

Beberapa faktor fisik dari perencanaan filter berhubungan dengan proses pencucian filter adalah : (1) Ukuran dan specific gravity dari media. (2) Jenis dan sistem underdrain yang digunakan. (3) Rencana air pencuci yang melewatinya. (4) Ukuran dan ketinggian air tangki pencuci (jika digunakan). (5) Sistem kontrol kecepatan pencucian dan. (6) Jenis dan kapasitas dari pengotor.

Terdapat beberapa variasi pada proses pencucian filter yaitu :

1. Pencucian menggunakan air pada kecepatan tinggi dengan backwash atau pencucian juga dilakukan pada permukaan media.
2. Pencucian dengan menggunakan udara dan sedikit air pada media dengan sistem backwash
3. Kombinasi antara air dan udara.

Pencucian media filter dilakukan pada saat dimana akan terjadi tekanan negatif atau berdasarkan pada kekeruhan breakthrough, head-loss yang terjadi atau setelah filter bekerja pada waktu tertentu. Pada declining rate filtration pencuciandilakukan saat tinggiairdiatas media/head-loss telah mencapai nilai teretentu atau saat bukaan valve telah mencapai maksimum untuk constant rate filtration

## B A B IV

### PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN FILTER

---

Pada perencanaan filter ini Parameter yang akan dipergunakan adalah jumlah suspended solid dan kekeruhan air baku Sungai Bengawan Solo tahun 1990, 1991, dan 1992 setelah melewati sedimentasi yang direncanakan mampu meremoval jumlah padatan yang teredapat dalam air baku hingga 70 %.



Analisa jumlah padatan pada air baku pada tahun 1990, 1991 dan 1992 menunjukkan sebagai berikut :

- Jumlah suspended solid rata rata = 469,22727 ppm
- Jumlah suspended solid maksimum = 879 ppm
- Jumlah suspended solid minimum = 223 ppm

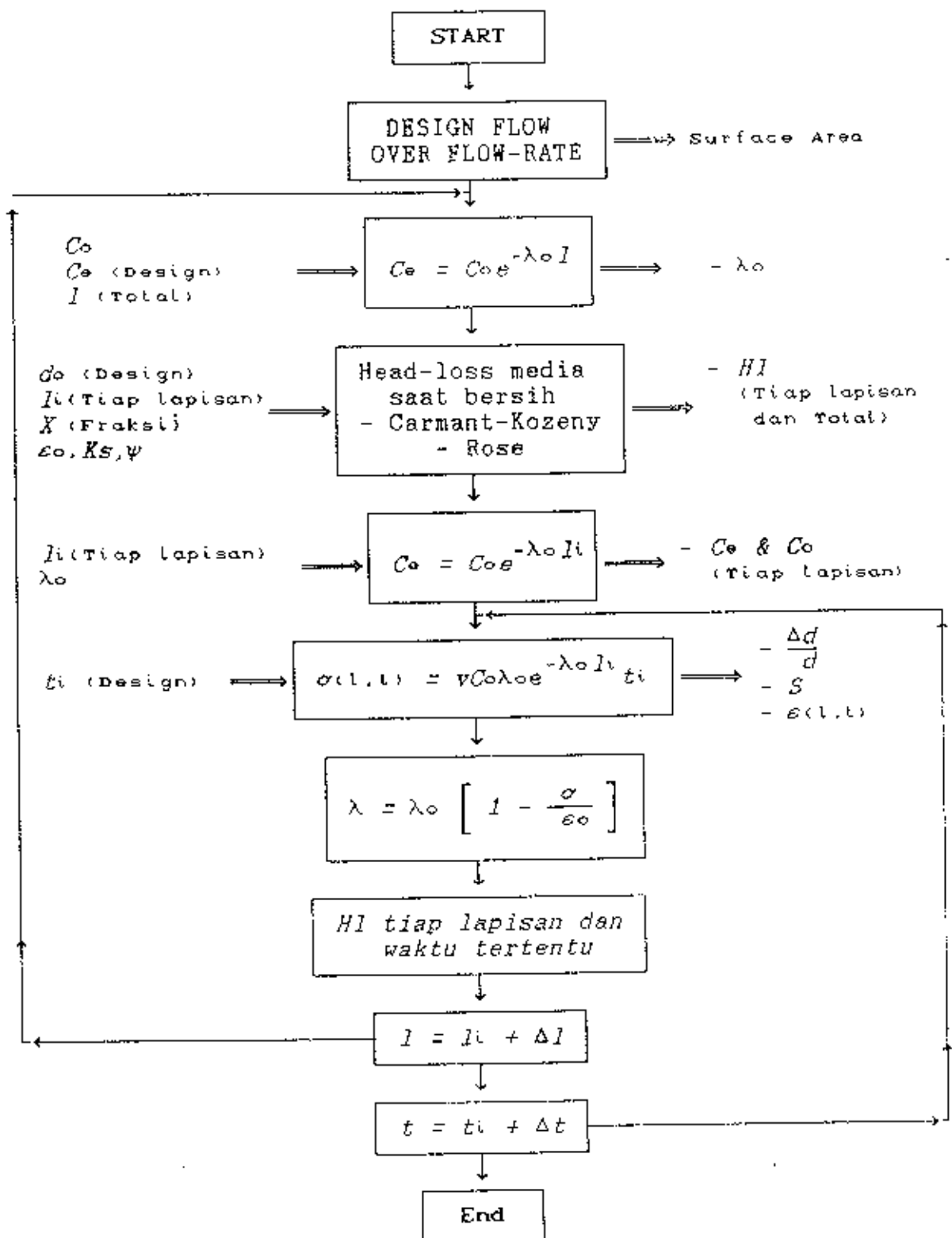
Dan setelah melewati sedimentasi diperkirakan sebesar :

- Jumlah suspended solid rata rata = 140,76818 ppm
- Jumlah suspended solid maksimum = 263,7 ppm
- Jumlah suspended solid minimum = 156,1 ppm
- Diameter partikel  $> 5,77946 \cdot 10^{-4}$  m

#### 4.1. PEMULIHAN MEDIA

Berdasarkan analisa loss in acid yang dilakukan pada 4 jenis media (batu bara, pasir kwarsa, batu flores dan pecahan batu), didapat media pasir dan batu bara yang mengalami pengurangan berat  $< 2\%$ , dengan kata lain media yang memenuhi persyaratan loss in acid adalah batu bara dan pasir, Tabel (Lamp-8). Dan pada kenyataanya dua jenis media ini yang sering digunakan pada beberapa jenis filter yang ada. Dan pada perencanaan ini juga menggunakan kedua jenis media pasir dan batu bara.

Pada perencanaan media filter, lama operasi dan ketebalan media yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar (5-1).



Gambar (4 - 1) : Flow Diagram Perhitungan Filter

Pada Gambar (4-1) menunjukkan bahwa ketebalan filter dan waktu operasi filter dapat dihitung dengan jalan :

1. Sebagai langkah awal dalam perencanaan media filter adalah dengan mengetahui :

- Konsentrasi solid yang akan memasuki filter ( $C_0$ )
- Konsentrasi solid yang diharapkan setelah melewati filter (effluent) ( $C_e$ )
- Merencanakan ketebalan media yang akan digunakan

Dari persamaan (2-25)  $C_e = C_0 e^{-\lambda_0 l}$

- Akan diperoleh nilai koefisien filtrasi pada saat awal filtrasi berlangsung ( $\lambda_0$ ).

2. Dengan mengetahui nilai  $\lambda_0$  dan memasukkan lama filter beroperasi ( $t$ ) serta over flow-rate yang direncanakan ( $v$ ) Persamaan (2-27) besarnya specific deposit yang terkumpul sepanjang ketebalan media ( $\sigma$ ). merupakan fungsi dari ketebalan media, semakin tebal media filter yang digunakan, maka ( $\sigma$ ) semakin kecil yang menunjukkan bahwa deposit terkumpul sepanjang ketebalan media.

$$\sigma_{vt} = \frac{Vs \lambda_0 C_0}{\rho_s} t e^{-\lambda_0 l}$$

3. Head loss pada awal filtrasi merupakan fungsi linear dari ketebalan media dan berbanding terbalik dengan diameter butiran. Persamaan (2-20) dan (2-23) menunjukkan bahwa dengan ketebalan yang sama head-loss akan semakin besar apabila diameter butiran semakin kecil. Head-loss juga tergantung

pada bentuk dan porositas dari butiran, pada butiran yang mempunyai bentuk mendekati bola akan didapat ( $\psi$ ) yang semakin besar yang menyebabkan  $Hl$  semakin kecil tetapi porositas akan semakin kecil yang menyebabkan  $Hl$  semakin besar

$$Hl = \frac{L}{\psi_0} \frac{1 - \epsilon_0}{\epsilon_0^3} \frac{V_s^2}{g} \sum \frac{f_i x}{d} \quad , \text{ dan}$$

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{L}{g} \frac{V_s^2}{\epsilon_0^4} \sum \frac{Cd x}{d}$$

4. Setelah filter berjalan selama waktu tertentu maka specific deposit yang terkumpul merupakan fungsi linear dari waktu operasi Persamaan (2-27), yang mengakibatkan perubahan pada porositas butiran. Besarnya perubahan porositas adalah

$$\epsilon = \epsilon_0 - \sigma$$

5. Dengan semakin bertambahnya specific deposit pada butiran maka diameter dari butiran akan semakin besar Persamaan (2-52) dan (2-53), dan luas permukaan media yang dapat ditempati oleh deposit dapat dicari melalui Persamaan (2-43) Perubahan diameter butiran adalah :

$$\frac{\Delta d}{d_0} = \left[ \frac{12}{nKs_0 - 24} \right] - \sqrt{\frac{144}{(nKs_0 - 24)^2} - \frac{24}{nKs_0 - 24} \frac{\sigma}{3(1 - \epsilon_0)}}$$

Besarnya surface area yang ditempati oleh deposit :

$$S_s = \pi d_0^2 \left[ \underbrace{1 + \left(2 - \frac{n}{2}\right) \frac{\Delta d}{d_0} + \left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)^2}_x \right]$$

8. Maka luas dari permukaan butiran yang tertutup per unit dari media dapat diketahui Persamaan (2-45). Dan ratio volume pori dan lapisan permukaan dari butiran per unit volume filter dapat dicari melalui Persamaan (2-46).

Yang mana  $K_s \times$  merupakan perubahan Shape faktor ( $K_s$ ) karena adanya lapisan deposit

$$\sum S = \frac{1 - \epsilon_0}{d_0} K_s x \quad \text{dan} \quad D = \frac{(\epsilon_0 - \sigma) d_0}{(1 - \epsilon_0) K_s x}$$

7. Sperisitas dari butiran dengan adanya deposit dapat dicari melalui  $\psi = \frac{6}{K_s}$  karena  $x$  memiliki nilai yang lebih kecil dari satu mengakibatkan shape faktor semakin bertambah kecil dan sperisitas semakin bertambah besar, yang berarti dengan adanya lapisan deposit pada permukaan media butiran semakin mendekati bentuk bulat.
8. Dengan adanya perubahan terhadap nilai nilai diatas termasuk bilangan Reynold dan Coefisien drag maka besarnya head-loss yang terjadi setelah waktu tertentu juga akan berubah semakin besar.
- 9 Dan besarnya koefisien filter dengan bertambahnya waktu juga berubah menjadi sebesar  $\lambda_v = \left[ 1 - \frac{\sigma_v}{\epsilon_0} \right]$
- 10 Dengan berubahnya  $\lambda$  setelah waktu tertentu maka kemampuan untuk menurunkan deposit juga semakin berkurang. Melalui Persamaan (2-27), maka besarnya kualitas air setelah melewati media dapat diketahui.

Pada Gambar (5-1) pengujian (trial) terhadap media dilakukan terhadap :

- Ketebalan media filter

- Over flow-rate (dua nilai)

- Lama filtrasi (12, 16, 20, 24, 28 dan 32 jam)

→ Berdasarkan pengujian diatas pemilihan media yang digunakan didasarkan pada besarnya head-loss, konsentrasi effluent filtrasi, waktu filtrasi hingga clogging dan kemampuan untuk dapat mengatasi apabila terjadi beban maksimum.

Pada lampiran Tabel (Perhitungan-1) sampai Tabel (Perhitungan-6) clogging mulai terjadi pada lapisan pertama pada media filter dengan koefisien filtrasi = 2,589302 pada saat .

Kondisi clogging ini ditunjukkan dengan konsentrasi dari influent yang masuk pada lapisan tersebut lebih kecil dari effluent yang keluar dari lapisan tersebut, juga koefisien filtrasi yang bernilai negatif. Clogging ini terjadi pada saat:

- waktu filtrasi = 32 jam

- kecepatan filtrasi = 0,004186 m/det

- kedalaman media 80, 90 dan 100 cm

Dengan demikian pengoperasian filter dengan kedalaman media 80, 90 dan 100 cm tidak boleh melewati 32 jam (batas akhir operasi filter adalah 32 jam).

Dengan demikian pemilihan media yang akan digunakan merupakan pertimbangan keuntungan dan kerugian terhadap karakteristik dari masing masing kedalaman filter.

- o Untuk kemudahan dalam pengoperasian rapid sand filtration, pencucian (back wash ) dilakukan dengan interval waktu 24 jam. Serta waktu pencucian antara filter satu dengan lainnya dengan interval waktu 8 jam.  
Pengujian dilakukan untuk konsentrasi influent 200 mg/l dan saat beban maksimum yang diperkirakan sebesar 300 mg
- o Pemilihan tebal media adalah 90 cm dengan alasan :
  - Kenaikkan head-loss pada tiap kedalaman merupakan fungsi linear, sedangkan untuk konsentrasi effluent hasil filtrasi antara kedalaman 80 cm dan 90 cm menunjukkan perbedaan sebesar 9,18 mg/l, sedangkan untuk kedalaman 90 cm dan 100 cm sebesar 7,31 mg/l.

TABEL (4 - 1) : Hasil Perhitungan Dengan Koefisien Filter  
 $2,599302 \text{ m}^{-1}$

Lama Filtrasi 24 jam Koefisien Filtrasi <sub>1</sub> = $2,599302 \text{ m}^{-1}$		Kecepatan Filtrasi			
		0,004166 m/det		0,002133 m/det	
		Co (mg/l)		Co = (mg/l)	
		200	300	200	300
L = 80 cm	Hl (cm)	66,064	124,724	15,953	19,895
	Ce (mg/l)	43,13	103,58	31,52	54,57
L = 90 cm	Hl (cm)	71,570	113,294	17,593	21,534
	Ce (mg/l)	33,960	82,86	24,53	42,71
L = 100 cm	Hl (cm)	76,952	141,887	18,868	23,337
	Ce (mg/l)	26,65	65,99	21,07	33,35

#### 4.1.2. Contoh Perhitungan

- Untuk Satu Lapisan
- $Q = 80 \text{ l/det} = 0,08 \text{ m}^3/\text{det}$
- Over Flow-rate =  $7,5 \text{ m/h} = 2,08333 \cdot 10^{-3} \text{ m/det}$
- Jumlah Filter = 2 buah

$$\begin{aligned}
 \text{- Surface Area} &= \frac{Q}{v} = \frac{(0,08/2)}{2,08333 \cdot 10^{-3}} \\
 &= 19,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Batu Bara

$$e_0 = 0,48$$

$$\psi_0 = 0,7$$

$$K_{s0} = 8,5$$

Pasir Kwarsa

$$e_0 = 0,39$$

$$\psi_0 = 0,94$$

$$K_{s0} = 6,4$$



o - Apabila design  $C_e = 25 \text{ mg/l} = 0,025 \text{ kg/m}^3$

$$C_o = 200 \text{ mg/l} = 0,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\longrightarrow L_{\text{total}} = 0,8 \text{ m}$$

$t = \text{Awal Filtrasi}$

$$C_e = C_o e^{-\lambda_o l}$$

$$\lambda_o = \frac{\ln (C_o/C_e)}{l}$$

$$= \frac{\ln (0,2/0,025)}{0,8} = 2,59930 \text{ m}^{-1}$$

- Ketebalan media Batu bara = 45cm, diameter butiran terkecil rata rata = 0,74330 mm dan terbesar rata rata = 2,17256 mm

- Ketebalan media Pasir kwarsa = 35cm, diameter butiran terkecil rata rata = 0,74330 mm dan terbesar rata rata = 2,17256 mm

- Stratifikasi media pasir kwarsa dan batu bara sebagai berikut :

Batu Bara		Pasir Kwarsa	
$d_o$ mean (mm)	Ketebalan (cm)	$d_o$ mean (mm)	Ketebalan (cm)
0,74330	6,75	0,74330	1,23
1,00150	8,00	1,00150	9,24
1,41633	13,50	1,41633	18,34
1,84391	9,00	1,84391	5,37
2,17256	6,75	2,17256	2,82
	45,00		35,00

$$n = \frac{15,7714 - 26,5109 \epsilon_o}{(1 - \epsilon_o)}$$

Batu bara ( $\epsilon_o = 0,48$ ), maka  $n = 5,85801 = 6$

Pasir kwarsa ( $\epsilon_o = 0,39$ ), maka  $n = 8,90516 = 9$

$$Re_i = \frac{w_i d V_s}{\nu}$$

$$Re_i = \frac{0,70 \times 0,7433 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 0,002083 \text{ m/det}}{0,8039 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 1,3484$$

$$\text{- Dari persamaan (2-13) } f' = 150 \left[ \frac{1 - \epsilon_o}{Re_i} \right] + 1,75$$

$$f'_i = 150 \left[ \frac{1 - 0,48}{1,3484} \right] + 1,75$$

$$f'_i = 59,59641$$

$$\text{- } Re < 1,9 \text{ maka } Cd = \frac{24}{Re} \text{ dan } Re > 1,9 \text{ maka } Cd = \frac{18,6}{Re^{0,6}}$$

$$Cd_i = \frac{24}{1,3484} = 17,79889$$

- Head-loss yang terjadi saat awal filtrasi

Menurut Persamaan Carman-Kozeny (2-20)

$$Hl = \frac{L}{\psi_0} \frac{1 - \epsilon_0}{\epsilon_0^3} \frac{V_s^2}{g} \sum \frac{f_i x}{d}$$

dimana  $L \times x$  = Ketebalan media tiap lapisan

$$Hl_1 = \frac{0,0675}{0,7} \frac{1 - 0,48}{0,48^3} \frac{0,002083^2}{9,81} \frac{59,59641}{0,7433}$$

$$= 0,084571 \text{ m} = 8,4571 \text{ cm}$$

Menurut Persamaan Rose (2-23) = 11,2281 cm

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{L}{g} \frac{V_s^2}{\epsilon_0^4} \sum \frac{Cd x}{d}$$

$$Hl_1 = \frac{1,067}{0,7} \frac{0,0675}{9,81} \frac{0,002083^2}{0,48^4} \frac{17,79889}{0,7433}$$

$$= 0,112281 \text{ m} = 11,2281 \text{ cm}$$

$$\rightarrow t = 12 \text{ jam}$$

- Specific deposit tiap lapisan ( $\sigma_v$ )

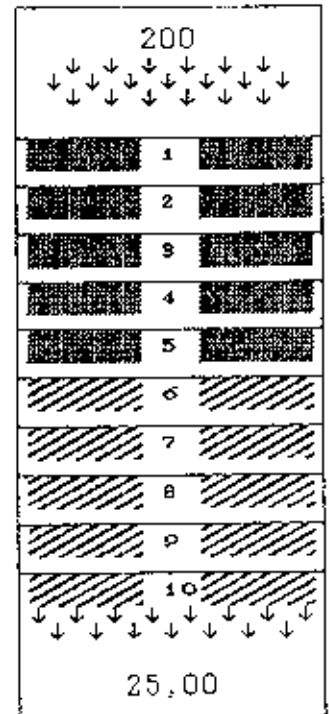
$$\sigma_v = \frac{V_s \lambda_0 C_0}{\rho_s} t e^{-\lambda_0 t}$$

$$= \frac{0,00283 \times 2,599301 \times 200}{1002} 43200 e^{-2,599301 \times 0,0675}$$

$$= 0,04669$$

## Konsentrasi Effluent Di Tiap Lapisan Media

$C_o$ (mg/l)	$l$ (cm)	$C_e = C_o e^{-\lambda_o l}$ (mg/l)
200	6,75	167,82
167,81541	9,00	132,81
132,81107	13,50	93,51
93,50567	9,00	74,00
74,00148	6,75	62,09
62,09294	1,23	60,13
60,13148	9,24	47,29
47,28813	16,34	30,93
30,92765	5,37	26,90
26,90144	2,82	25,00
Jumlah	80,00	



Keterangan :  = Batu bara  
 = Pasir kwarsa

- Dari Persamaan (2-52), Besarnya penambahan ketebalan lapisan deposit tiap partikel media adalah

$$\frac{\Delta d}{d_o} = 0,44444 - \sqrt{0,19753 - \left[ 0,88889 \frac{0,04669}{1,56} \right]}$$

$$= 0,03101 \text{ (dst pada Tabel)}$$

$$\Delta d_1 = 0,03101 \times 0,7433 = 0,02305 \text{ mm (dst pada Tabel)}$$

- Diameter media setelah 12 jam

$$\Delta d_1 + d_o = 0,02305 + 0,74330 = 0,76635 \text{ mm}$$

- Dari persamaan (2-43), luas Surface area yang terlapisi oleh deposit sebesar

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \pi d_o^2 \left[ \frac{1 + \left(2 - \frac{n}{2}\right) \frac{\Delta d}{d_o} + \left(1 - \frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Delta d}{d_o}\right)^2}{x} \right] \\
 &= \pi 0,7433^2 \left[ 1 + \left[2 - \frac{6}{2}\right] 0,02305 + \left[1 - \frac{6}{2}\right] 0,02305^2 \right] \\
 &= 1,67770 \text{ mm}^2 \text{ (dst pada Tabel)}
 \end{aligned}$$

- $\Sigma S_1$  dari persamaan (2-45)

$$\begin{aligned}
 \Sigma S &= \frac{1 - \epsilon_o}{d_o} Ks x_1 \\
 &= 5,75061
 \end{aligned}$$

- $D_1 = \frac{(\epsilon_o - \sigma_v) d_o}{(1 - \epsilon_o) Ks x}$ , persamaan (2-46)

dimana :  $Ks x$  adalah perubahan shape faktor setelah waktu tertentu.

$$= \frac{(0,48 - 0,03918) 0,7433}{(1 - 0,48) \times 8,5 \times 0,97280} = 0,07620 \text{ (dst pada Tabel)}$$

- Perubahan Shape faktor dari partikel yang terkumpul ( $Ks_1$ ) =  $x Ks$

$$= 0,96707 \times 8,5 = 8,22006 \text{ (dst pada Tabel)}$$

- Perubahan sperisitas karena adanya partikulat yang terkumpul adalah =  $\frac{6}{8,22006} = 0,72992$

- Perubahan porositas karena adanya partikulat yang terkumpul sebesar =  $(\epsilon_o - \sigma)$   
 $= 0,48 - 0,04669 = 0,43331$

$$- Re_i = \frac{\psi_i d V_s}{\nu}$$

$$- Re_i = \frac{0,72992 \times 0,76635 \cdot 10^{-9} \text{ m} \times 0,002083 \text{ m/det}}{0,8038 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 1,44964$$

$$- \text{Dari persamaan (2-13)} \quad f' = 150 \left[ \frac{1 - \epsilon_0}{Re_i} \right] + 1,75$$

$$f'_i = 150 \left[ \frac{1 - 0,43331}{1,44964} \right] + 1,75$$

$$f'_i = 60,38814$$

$$- Re < 1,9 \text{ maka } Cd = \frac{24}{Re} \text{ dan } Re > 1,9 \text{ maka } Cd = \frac{18,6}{Re^{0,6}}$$

$$Cd_i = \frac{24}{1,44964} = 16,55585$$

- Head-loss yang terjadi saat awal filtrasi

Menurut Persamaan Carman-Kozeny (2-20)

$$Hl = \frac{L}{\psi_0} \frac{1 - \epsilon_0}{\epsilon_0^3} \frac{V_s^2}{g} \sum \frac{f'_i \times}{d}$$

$$Hl_i = \frac{0,0675}{0,72992} \frac{1 - 0,43331}{0,43331^3} \frac{0,002083^2}{9,81} \frac{60,38814}{0,76635}$$

$$= 0,10256 \text{ m} = 10,256 \text{ cm}$$

Menurut Persamaan Rose (2-23)

$$= 11,2281 \text{ cm}$$

$$Hl = \frac{1,067}{\psi} \frac{L}{g} \frac{V_s^2}{\epsilon_0^4} \sum \frac{Cd \times}{d}$$

$$Hl_i = \frac{1,067}{0,72992} \frac{0,0675}{9,81} \frac{0,002083^2}{0,43331^4} \frac{16,55585}{0,76635}$$

$$= 0,13198 \text{ m} = 13,198 \text{ cm}$$

#### 4.1.2 Media Penyangga

Dalam perencanaan media penyangga ini menggunakan media garnet yang mempunyai Specific gravity ( $S_g$ ) = 4,3.

Besarnya head-loss yang terjadi pada media penyangga untuk kecepatan filtrasi (over flow-rate) 0,0020833 m/det =

- Persamaan Carman Kozeny = 0,1637 cm
- Persamaan Rose = 0,2987 cm

Dan untuk kecepatan filtrasi 0,004166 m/det Tabel (4-8) =

- Persamaan Carman-Kozeny = 0,3681 cm
- Persamaan Rose = 0,7815 cm

#### 4.2. UNDERDRAIN SYSTEM

Pada perencanaan ini menggunakan *pipe and strainer underdrainage* system. Sistem ini efektif untuk mendistribusikan air dan udara kesemua bagian dari luasan filter. Besarnya head-loss pada underdrain system saat backwash adalah 0,1 - 3 m<sup>(11)</sup>

Jumlah dari nozzles direncanakan 36 buah tiap m<sup>2</sup>, dengan diameter tiap nozzles sebesar  $\pm$  30 mm. Dengan ruang dasar pipa (bottom space) 0,6 m.

Sistem perpipaan yang digunakan adalah :

- Luas orifice : luas media =  $(1,5 - 5) \cdot 10^{-3} : 1$
- Luas lateral : luas orifice =  $(2 - 4) : 1$
- Luas manifold : luas lateral =  $(1,5 - 3) : 1$

- Diameter lubang orifice = 1/4 - 3/4 inch
- Jarak antara lateral = 15 - 30 cm
- o - Luas area filter =  $19,2 \text{ m}^2$ 
  - Jumlah nozles =  $19,2 \times 36 = 690$  buah
  - $A_{nozles} = 0,25 \times \pi \times 0,03^2$   
 $= 7,0686 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
  - $V_{nozles} = \frac{(0,04/690)}{7,0686 \cdot 10^{-4}} = 0,0820 \text{ m/det}$
  - Head-loss terjadi pada saat  $V_{filtrasi} = 0,002082 \text{ m/det}$
  - $HI = \frac{V^2}{2g} = \frac{0,0820^2}{2 \times 9,81} = 3,42712 \cdot 10^{-4} \text{ m}$
  - $HI = \frac{0,1640^2}{2 \times 9,81} = 1,37085 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad (V = 0,004166)$

- o - Luas area filter =  $19,2 \text{ m}^2$ 
  - Lebar filter = 4 m
  - Panjang filter =  $19,2/4 = 4,8 \text{ m}$

#### Manifold

Direncanakan kecepatan melewati manifold = 0,5 m/det

- $A_{manifold} = \frac{Q}{V_{man}}$   
 $= \frac{0,04}{0,5} = 0,08 \text{ m}^2$
- $D_{manifold} = \left[ \frac{4 A}{\pi} \right]^{1/2} = \left[ \frac{4 \times 0,080}{\pi} \right]^{1/2} = 0,31815 \text{ m}$

Digunakan pipa dengan diameter 12 inch



$$- V = \frac{0,04}{0,25 \times \pi \times (0,3048)^2} = 0,5482 \text{ m/det}$$

$$- \text{Panjang pipa manifold} = (4,8 - 0,2) = 4,6 \text{ m}$$

$$- Hl = L \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{Untuk } V = 0,002083 \text{ m/det}$$

$$\text{Untuk pipa baru } (\lambda/D) = 0,0573$$

$$= 4,6 \times 0,0573 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 4.03733.10^{-3} \text{ m}$$

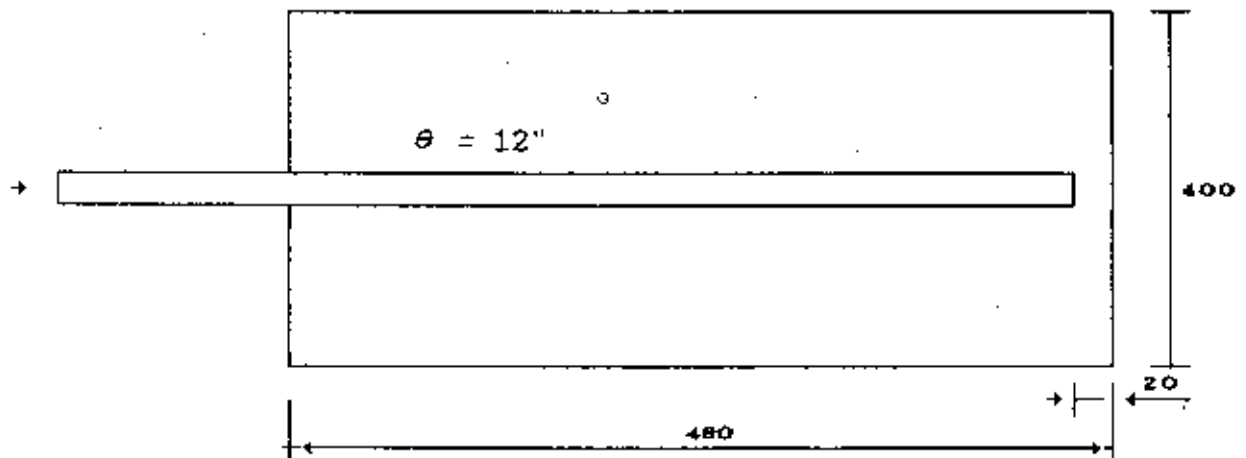
$$\text{Untuk pipa existing } (\lambda/D) = 0,11$$

$$= 4,6 \times 0,11 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 7.7505.10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Untuk } V = 0,004166 \text{ m/det}$$

$$= 4,6 \times 0,0573 \times \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 0,01615 \text{ m}$$

$$= 4,6 \times 0,11 \times \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 0,03100 \text{ m}$$



**Lateral**

- Direncanakan Amanifold :  $A_{lateral} = 1,5 : 1$

$$- A_{lateral} = \frac{0,07296}{1,5} = 0,04864 \text{ m}^2$$

- Jarak antara lateral = 30 cm

$$- \text{Jumlah lateral} = 2 \left[ \frac{480 - 20 - 2(20)}{30} + 1 \right]$$

$$= 30 \text{ buah (1 sisi 15 buah)}$$

$$- \text{Atiap lateral} = 0,04864 \text{ m}^2 / 30 = 1,62146 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$- \text{Diameter lateral} = \left[ \frac{4 \times 16,6215}{\pi} \right]^{1/2} = 4,54369 \text{ cm}^2$$

digunakan pipa dengan diameter 2 inch

$$- A_{total} = 0,25 \times \pi \times 5,08^2 \times 30 = 608,04897 \text{ cm}^2$$

$$- V_{lateral} = \frac{(0,04/30)}{2,26830 \cdot 10^{-3}} = 0,65784 \text{ m/det}$$

$$- Hf = L \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Untuk  $V = 0,002083 \text{ m/det}$

Untuk pipa baru  $(\lambda/D) = 0,528$

$$= 1,7 \times 0,528 \times \frac{0,6578^2}{2 \times 9,81} = 0,0198 \text{ m}$$

Untuk pipa existing  $(\lambda/D) = 1,3$

$$= 1,7 \times 1,30 \times \frac{0,6578^2}{2 \times 9,81} = 0,04874 \text{ m}$$

Untuk  $V = 0,004166 \text{ m/det}$

$$= 1,7 \times 0,528 \times \frac{1,3156^2}{2 \times 9,81} = 0,07918 \text{ m}$$

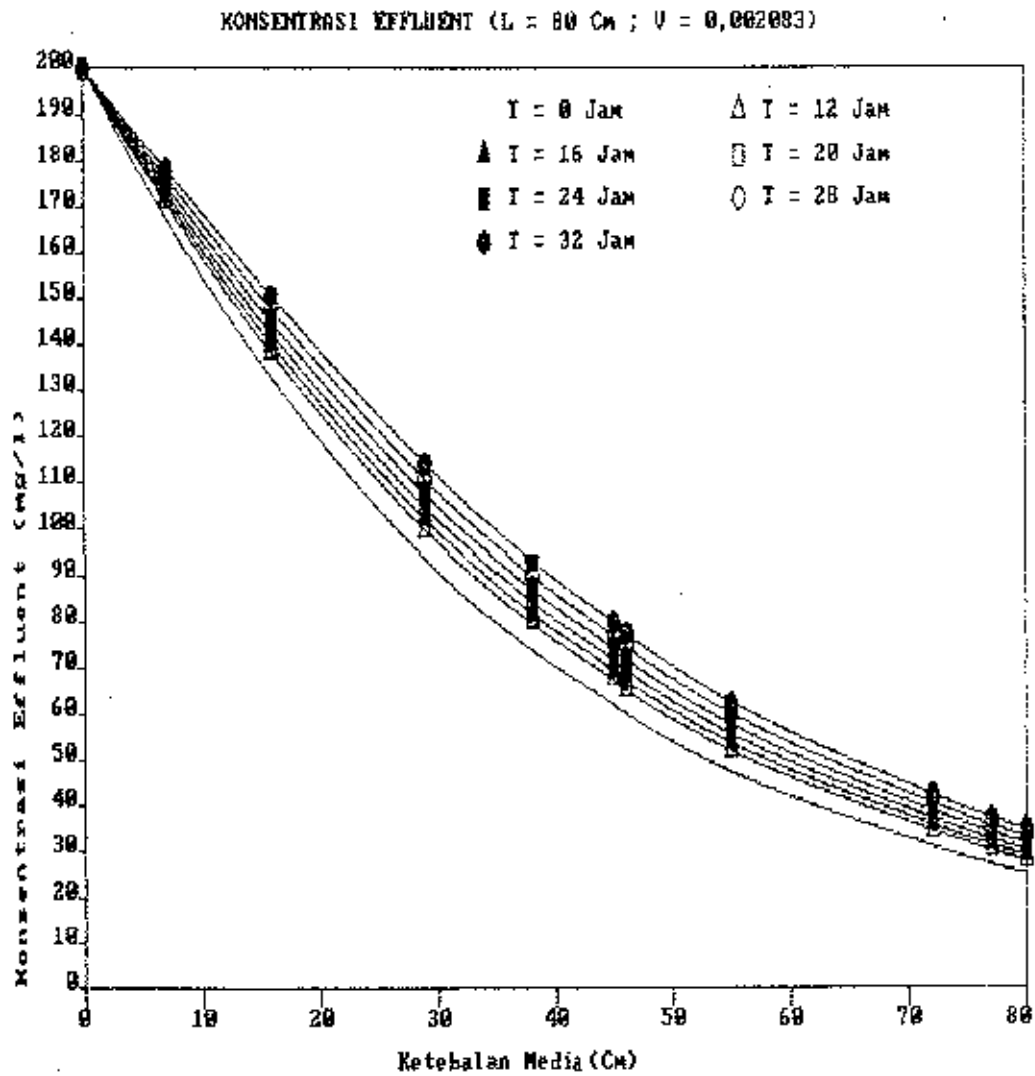
$$= 1,7 \times 1,30 \times \frac{1,3156^2}{2 \times 9,81} = 0,18496 \text{ m}$$

## Orifice

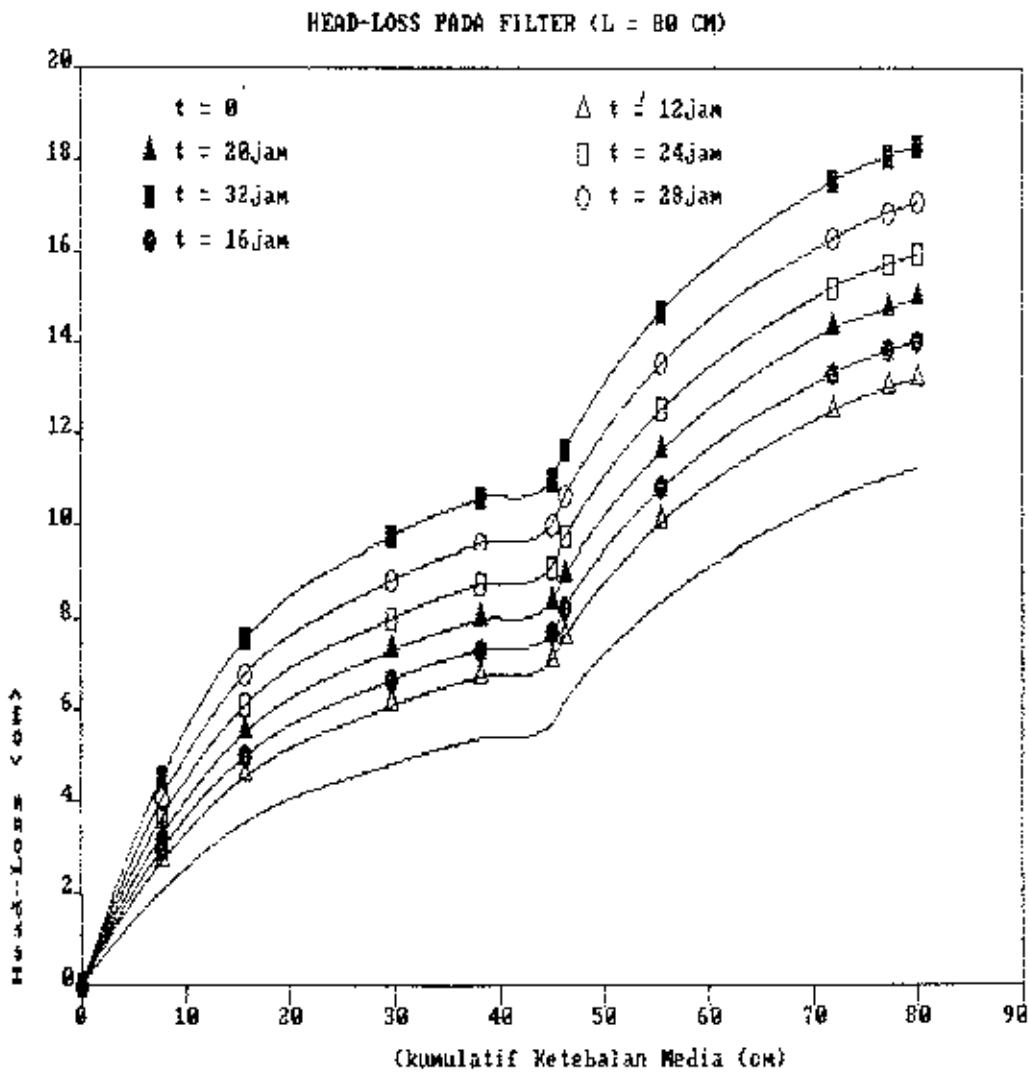
- Direncanakan A<sub>lateral</sub> : A<sub>orifice</sub> = 2 : 1
- A<sub>total orifice</sub> =  $\frac{608,04897}{2} = 304,0245 \text{ cm}^2$
- Diameter orifice = 1/2 inch
- Jumlah orifice =  $\frac{304,0245}{0,25 \times \pi \times 1,270^2} = 240 \text{ buah}$
- Dalam 1 lateral terdapat 240/30 = 8 buah
- V<sub>orifice</sub> =  $\frac{(0,04/240)}{1,2668 \cdot 10^{-4}} = 1,3157 \text{ m/det}$
- Jarak antara orifice =  $\frac{(400/2) - (30,48/2) - 20 - 30}{(8/2) - 1}$   
 $= 44,92 = 45 \text{ cm}$
- Jarak orifice tertepi =  $\{(400/2) - (30,48/2) - 20\} -$   
 $\{45 \times [(8/2) - 1]\} = 28,76$
- $Hl = 1,1 \frac{V^2}{2g}$   
 $= 1,1 \frac{1,3157^2}{2 \times 9,81} = 0,08705 \text{ m}$   
 $= 1,1 \frac{2,6314^2}{2 \times 9,81} = 0,3882 \text{ m}$
- H<sub>l total</sub> saat V = 0,002083 m/det  
 $= 0,15388 \text{ m}$
- H<sub>l total</sub> saat V = 0,004166 m/det  
 $= 0,61553 \text{ m}$







Gambar (4 - 2) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 80 \text{ Cm}$  ;  $V = 0,002083 \text{ m/det}$ )



Gambar (4 - 3) : Head-loss Pada Filter

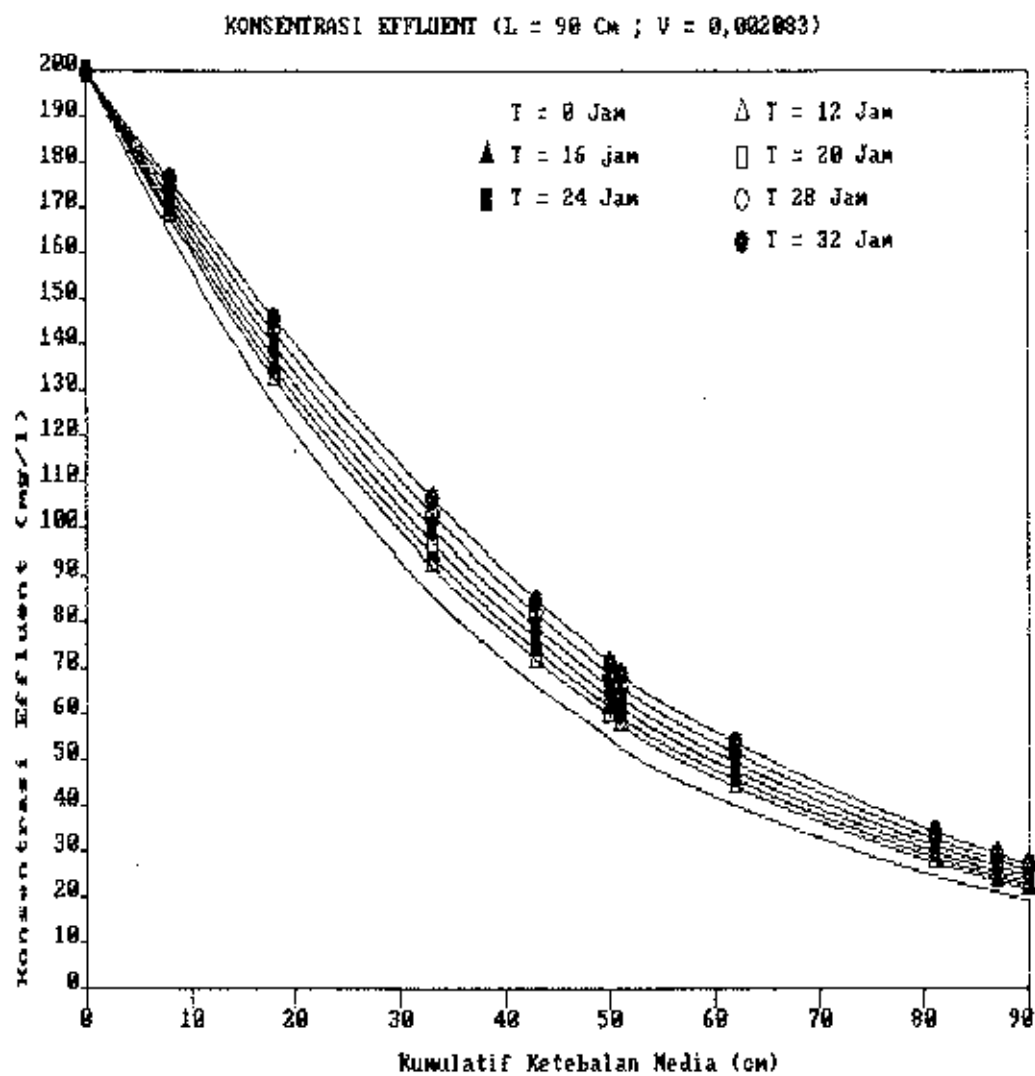
(L = 80 Cm ; V = 0,002083 m/det.)

TABEL (4 - 3) : HEAD-LOSS DAN KONSENTRASI EFFLUENT PADA FILTER DENGAN KEDALAMAN MEDIA 90 Cm DAN KOEFISIEN FILTRASI = 2,599302 (KONSENTRASI INFILUENT = 0,2 KG/M3)

Jenis Media	Kumulatif : Ketebalan Media (M)	T = 0 Jam			T = 12 Jam			T = 16 Jam			T = 20 Jam		
		HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3
Batu Bara	0.08	0.02282	0.16458	0.02973	0.16807	0.03283	0.16943	0.03638	0.17090				
	0.18	0.01676	0.12691	0.02079	0.13256	0.02270	0.13477	0.02484	0.13716				
	0.33	0.01413	0.08593	0.01688	0.09209	0.01804	0.09450	0.01931	0.09712				
	0.43	0.00618	0.06626	0.00693	0.07182	0.00724	0.07400	0.00757	0.07637				
	0.50	0.00356	0.05453	0.00388	0.05949	0.00401	0.06143	0.00415	0.06354				
	0.51	0.00546	0.05256	0.00607	0.05742	0.00628	0.05931	0.00650	0.06138				
	0.62	0.02481	0.03994	0.02760	0.04402	0.02857	0.04562	0.02960	0.04735				
	0.81	0.02518	0.02458	0.02732	0.02742	0.02805	0.02853	0.02880	0.02974				
	0.87	0.00542	0.02096	0.00571	0.02344	0.00580	0.02440	0.00590	0.02546				
	0.90	0.00219	0.01928	0.00229	0.02158	0.00232	0.02248	0.00236	0.02346				
		0.12651		0.14720		0.15585		0.16539					

T = 24 Jam			T = 28 Jan			T = 32 Jan		
HL Rose	Ce (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce (Tiap- Lapisan) kg/m3			
0.04044	0.17251	0.04510	0.17427	0.05048	0.17621			
0.02725	0.13978	0.02997	0.14265	0.03304	0.14580			
0.02068	0.09999	0.02219	0.10314	0.02385	0.10661			
0.00792	0.07895	0.00829	0.08180	0.00868	0.08493			
0.00430	0.06585	0.00445	0.06838	0.00460	0.07118			
0.00672	0.06364	0.00696	0.06612	0.00722	0.06886			
0.03067	0.04926	0.03179	0.05135	0.03297	0.05366			
0.02958	0.03107	0.03038	0.03253	0.03122	0.03414			
0.00599	0.02662	0.00603	0.02789	0.00619	0.02930			
0.00299	0.02453	0.00242	0.02572	0.00245	0.02702			
0.17993		0.18765		0.20071				



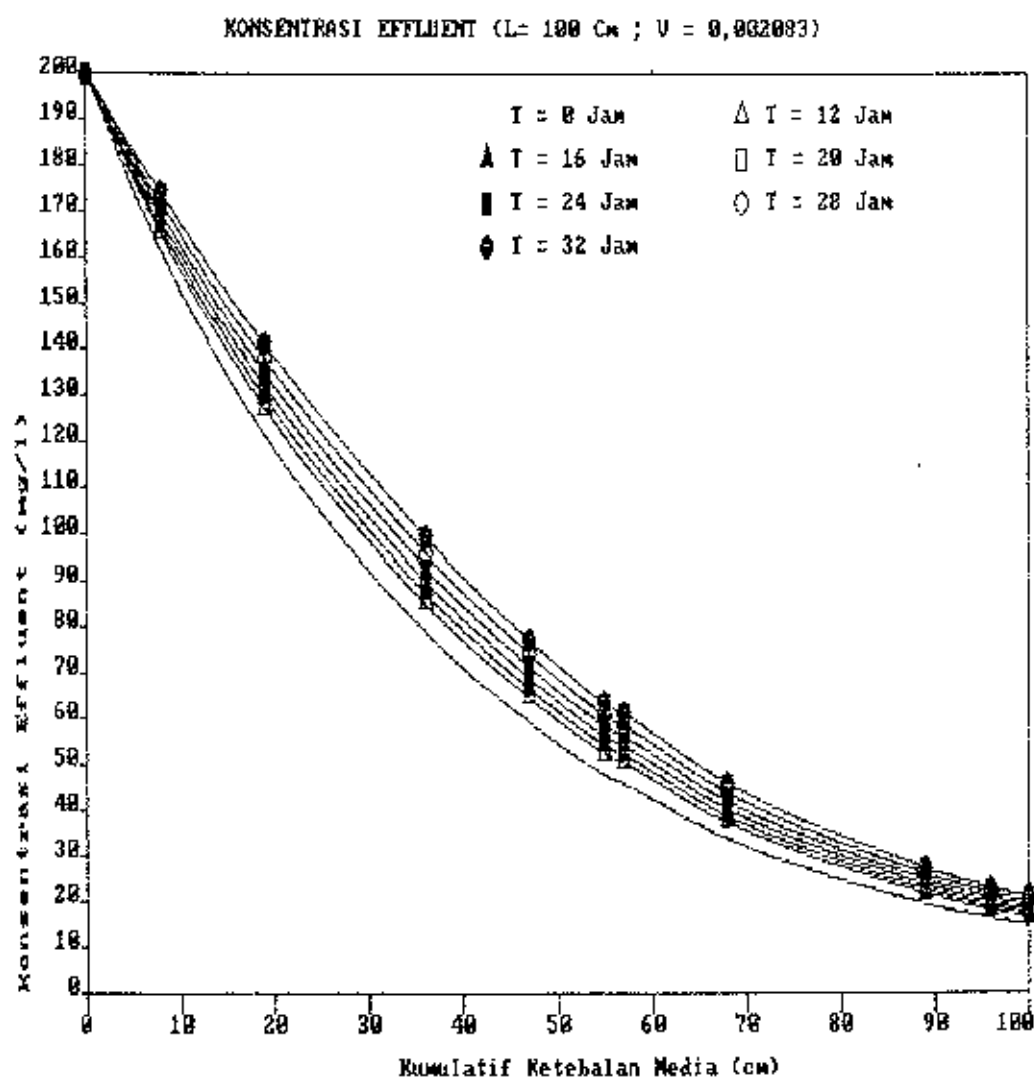


Gambar (4 - 4) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 90 \text{ cm}$  ;  $V = 0,002083 \text{ m/det}$ )

KOEFISIEN FILTRASI = 2,59302 (KONSENTRASI INFLUENT = 0,2 KG/M3 ; V = 0,002083 M/DET)

Kumulatif Ketebalan Media ( m )		T = 0 Jam			Lama Filtrasi T = 12 Jam			Lama Filtrasi T = 16 Jam			Lama Filtrasi T = 20 Jam		
Jenis Media	Head-Loss Rose ( m )	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	
Batu bara	0.08	0.025097	0.16140	0.03270	0.16517	0.03612	0.16664	0.04002	0.16824				
	0.19	0.018433	0.12126	0.02275	0.12716	0.02480	0.12946	0.02708	0.13196				
	0.36	0.015543	0.07897	0.01841	0.09506	0.01961	0.08745	0.02092	0.09005				
	0.47	0.006794	0.05933	0.00754	0.06465	0.00785	0.06672	0.00818	0.06899				
	0.55	0.003919	0.04788	0.00422	0.05250	0.00435	0.05431	0.00449	0.05628				
	0.57	0.006146	0.04594	0.00674	0.05044	0.00694	0.05220	0.00716	0.05412				
	0.68	0.027908	0.03373	0.03054	0.03736	0.03159	0.03878	0.03257	0.04033				
	0.89	0.028326	0.01954	0.03037	0.02189	0.03104	0.02281	0.03174	0.02381				
	0.96	0.006101	0.01633	0.00636	0.01833	0.00644	0.01912	0.00653	0.01997				
	1.00	0.002466	0.01487	0.00256	0.01670	0.00258	0.01742	0.00261	0.01821				
Pasir Kuarsa													
					0.16230								
						0.17133							
									0.18128				

Lama Filtrasi T = 24 Jam	Lama Filtrasi T = 28 Jam	Lama Filtrasi T = 32 Jam	
HL Rose	Ce Outflow (Fiap- Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Fiap- Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
0.04448	0.16998	0.04961	0.17189
0.02965	0.13469	0.03254	0.13769
0.02233	0.09290	0.02380	0.09602
0.00852	0.07147	0.00889	0.07420
0.00462	0.05844	0.00477	0.06082
0.00738	0.05622	0.00760	0.05853
0.03359	0.04203	0.03465	0.04390
0.03246	0.02491	0.03320	0.02612
0.00661	0.02091	0.00669	0.02195
0.00264	0.01907	0.00267	0.02002
0.19228		0.20449	
			0.21811

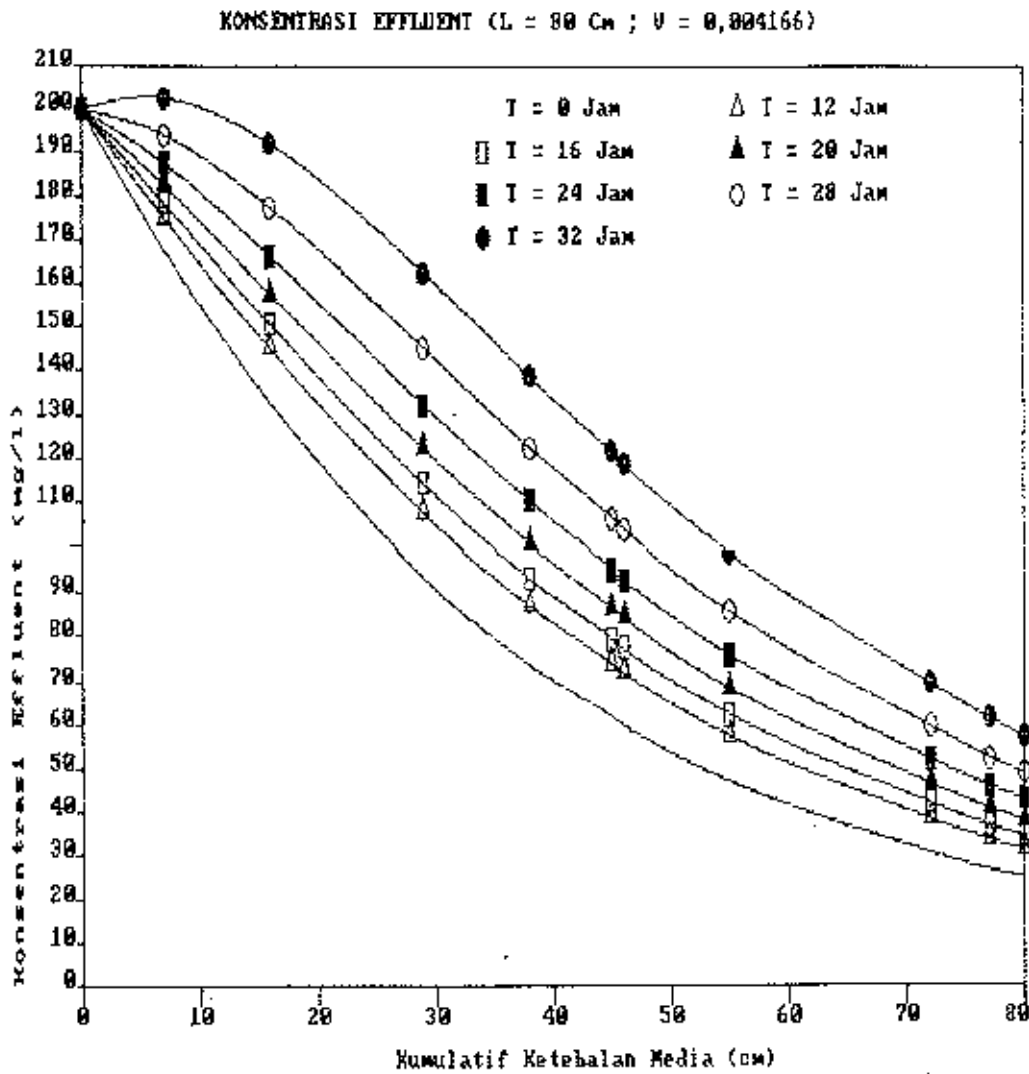


Gambar (4 - 5) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 100 \text{ cm}$  ;  $V = 0,002083 \text{ m/det}$ )

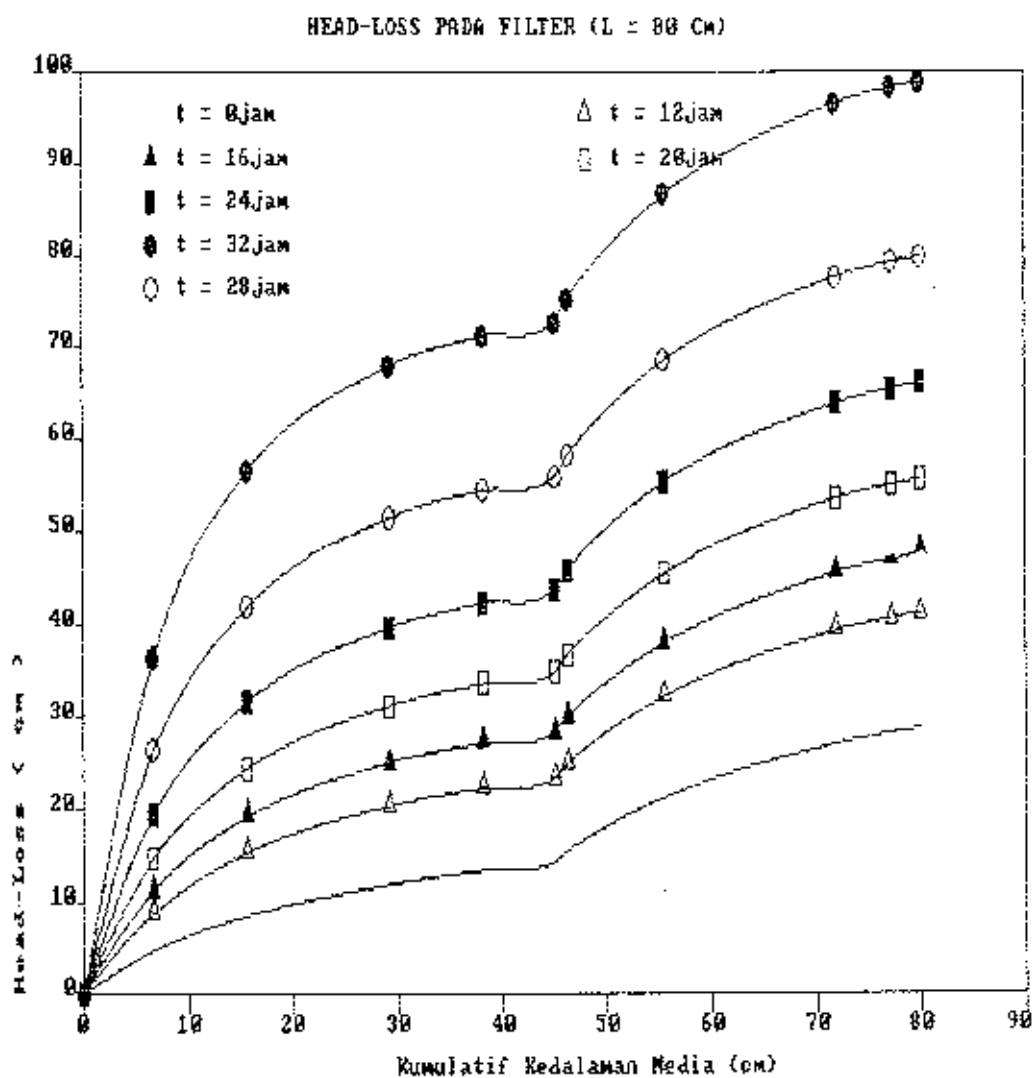
TABEL (4 - 5) : HEAD-LOSS DAN KONSENTRASI EFFLUENT PADA FILTER DENGAN KETEBALAN MEDIA 80 Cm  
KOEFSISIEN FILTRASI = 2,599302 (KONSENTRASI INFLUENT = 0,2 KG/M<sup>3</sup> ;  $\nu$  = 0,004166 M/DET)

Jenis Media	Kumulatif Ketebalan Media (m)	T = 0 Jam			Lama Filtrasi, T = 12 Jam			Lama Filtrasi, T = 16 Jam			Lama Filtrasi, T = 20 Jam		
		Head-Loss Rose (m)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
Ratu bara	0.07	0.047067	0.16782	0.08844	0.17508	0.11295	0.17845	0.14687	0.18255				
	0.16	0.038947	0.13281	0.06542	0.14503	0.07970	0.15072	0.09824	0.15767				
	0.29	0.033554	0.09351	0.05008	0.10756	0.05819	0.11415	0.06806	0.12223				
	0.38	0.014657	0.07400	0.01926	0.08714	0.02131	0.09331	0.02365	0.10086				
	0.45	0.008461	0.06209	0.01045	0.07412	0.01130	0.07976	0.01224	0.08668				
	0.46	0.012328	0.06013	0.01585	0.07197	0.01729	0.07752	0.01890	0.08432				
	0.55	0.057272	0.04729	0.07304	0.05766	0.07942	0.06254	0.08654	0.06852				
Pasir Kuarsa	0.72	0.058130	0.03093	0.07034	0.03868	0.07503	0.04234	0.08014	0.04684				
	0.77	0.012519	0.02690	0.01419	0.03383	0.01478	0.03710	0.01541	0.04112				
	0.80	0.005061	0.02500	0.00564	0.03151	0.00585	0.03459	0.00606	0.03837				
		0.288006		0.41272		0.47581		0.55612					

Jenis Media	Kumulatif Ketebalan Media (m)	T = 24 Jam			Lama Filtrasi, T = 28 Jam			Lama Filtrasi, T = 32 Jam		
		Head-Loss Rose (m)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	HL Rose
Ratu bara	0.19482	0.18765	0.26398	0.19416	0.36507	0.20275	0.19216	0.17744	0.19974	0.16269
	0.12268	0.16634	0.15537	0.17744	0.19974	0.19216	0.16269	0.14535	0.14111	0.13877
	0.08020	0.13234	0.09526	0.14535	0.14111	0.13877	0.12552	0.10651	0.10575	0.12139
	0.02633	0.11033	0.02941	0.12552	0.10651	0.10575	0.11849	0.08572	0.11362	0.09866
	0.01329	0.09534	0.01445	0.10651	0.10575	0.11849	0.08572	0.08572	0.09866	0.06950
	0.02071	0.09285	0.02275	0.10384	0.02507	0.11849	0.08572	0.11362	0.09866	0.06950
	0.09452	0.07603	0.10350	0.08572	0.11362	0.09866	0.06950	0.06950	0.06950	0.06146
	0.08572	0.05250	0.09181	0.05980	0.09848	0.06146	0.05751	0.05751	0.05751	0.05751
	0.01608	0.04617	0.01678	0.05271	0.01753	0.06146	0.05751	0.05751	0.05751	0.05751
	0.00629	0.04313	0.00653	0.04928	0.00677	0.05751	0.05751	0.05751	0.05751	0.05751
	0.66064		0.79985		0.98912					

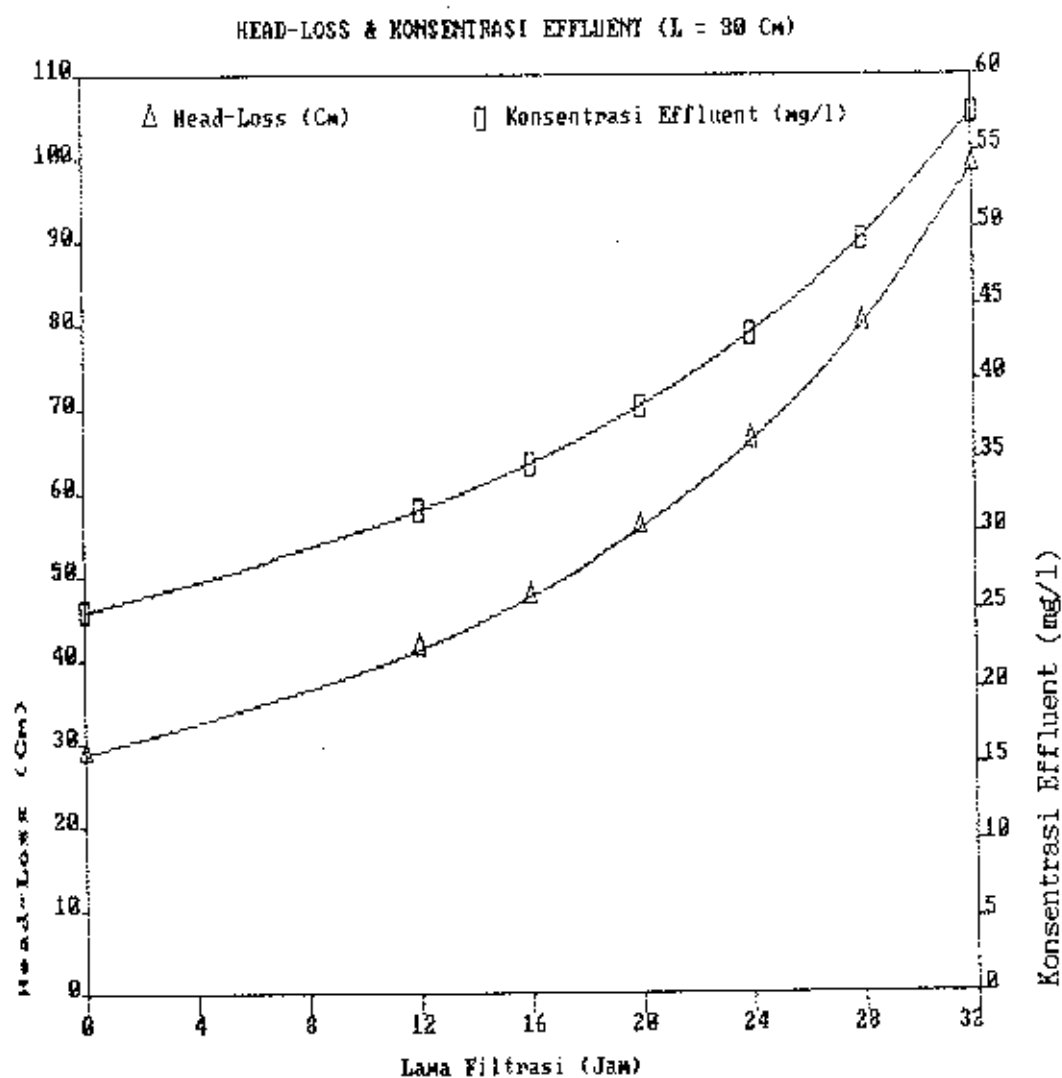


Gambar (4 - 6) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 80 \text{ cm}$  ;  $V = 0,004166 \text{ m/det}$ )



Gambar (4 - 7) : Head-loss Pada Filter

( $L = 80 \text{ cm}$  ;  $V = 0,004166 \text{ m/det}$ )

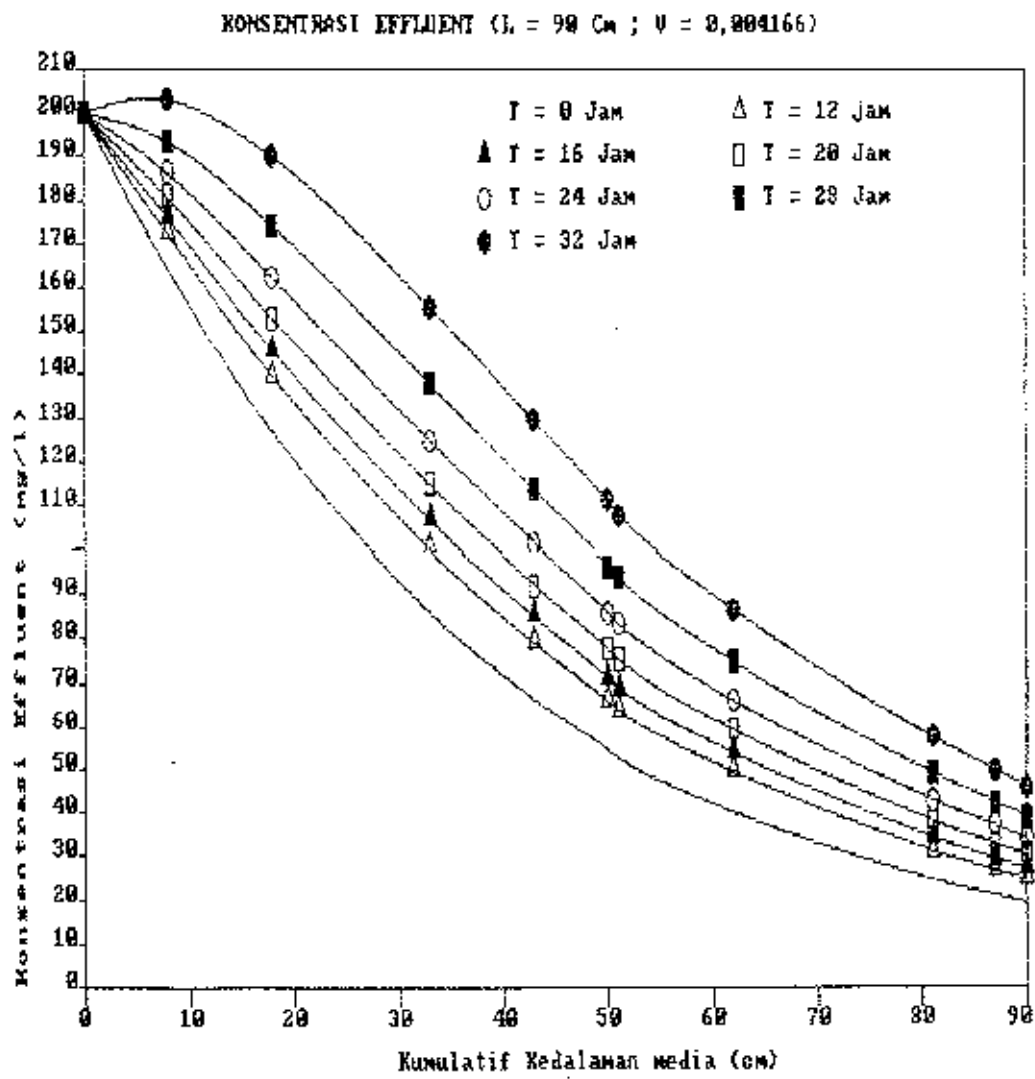


Gambar (4 - 8) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent  
( $L = 80$  Cm ;  $V = 0,004166$  m/det)

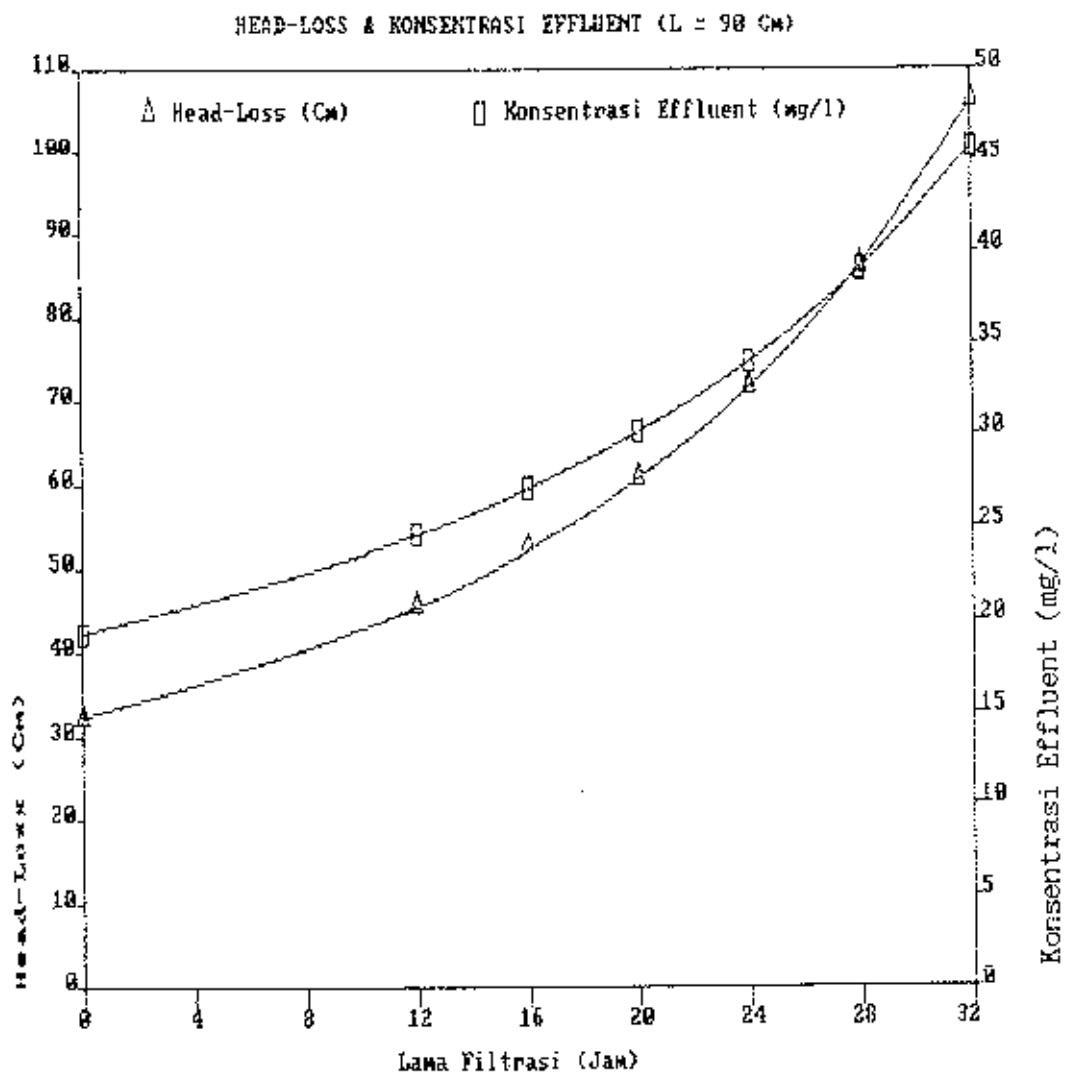
Jenis Media	Kumulatif Ketebalan Media ( m )	t = 0 Jam Awal Filtrasi			Lama Filtrasi T = 12 Jam			Lama Filtrasi T = 16 Jam			Lama Filtrasi T = 20 Jam		
		Head-Loss Rose ( m )	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3		
Batu bara	0.08	0.052296	0.16458	0.09827	0.17251	0.12550	0.17620	0.16319	0.18071				
	0.18	0.043274	0.12691	0.07188	0.13978	0.08718	0.14580	0.10692	0.15317				
	0.33	0.037282	0.08593	0.05457	0.09999	0.06292	0.10661	0.07299	0.11474				
	0.43	0.016296	0.06626	0.02090	0.07895	0.02291	0.08493	0.02518	0.09227				
	0.50	0.009401	0.05453	0.01133	0.06585	0.01215	0.07118	0.01304	0.07773				
	0.51	0.014090	0.05256	0.01756	0.06364	0.01893	0.06886	0.02045	0.07527				
	0.62	0.065453	0.03994	0.08092	0.04926	0.08699	0.05365	0.09367	0.05907				
Pasir Kuarsa	0.81	0.066434	0.02458	0.07804	0.03107	0.08237	0.03414	0.08701	0.03792				
	0.87	0.014308	0.02096	0.01581	0.02662	0.01633	0.02930	0.01688	0.03260				
	0.90	0.005784	0.01928	0.00630	0.02453	0.00648	0.02702	0.00666	0.03009				

Jenis Media	t = 24 Jam			Lama Filtrasi T = 28 Jam			Lama Filtrasi T = 32 Jam		
	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	HL Rose
0.21647	0.18633	0.29332	0.19352	0.40563	0.20306				
0.13276	0.16239	0.16707	0.17424	0.21328	0.19003				
0.08523	0.12495	0.10024	0.13814	0.11878	0.15980				
0.02776	0.10151	0.03068	0.11344	0.03401	0.12944				
0.01402	0.08597	0.01510	0.09663	0.01628	0.11091				
0.02213	0.08333	0.02399	0.09376	0.02607	0.10774				
0.10104	0.06588	0.10918	0.07470	0.11820	0.08653				
0.03201	0.04268	0.09738	0.04887	0.10318	0.05718				
0.01745	0.03676	0.01804	0.04216	0.01866	0.04942				
0.00685	0.03396	0.00705	0.03897	0.00725	0.04872				
0.71570		0.86204		1.06133					





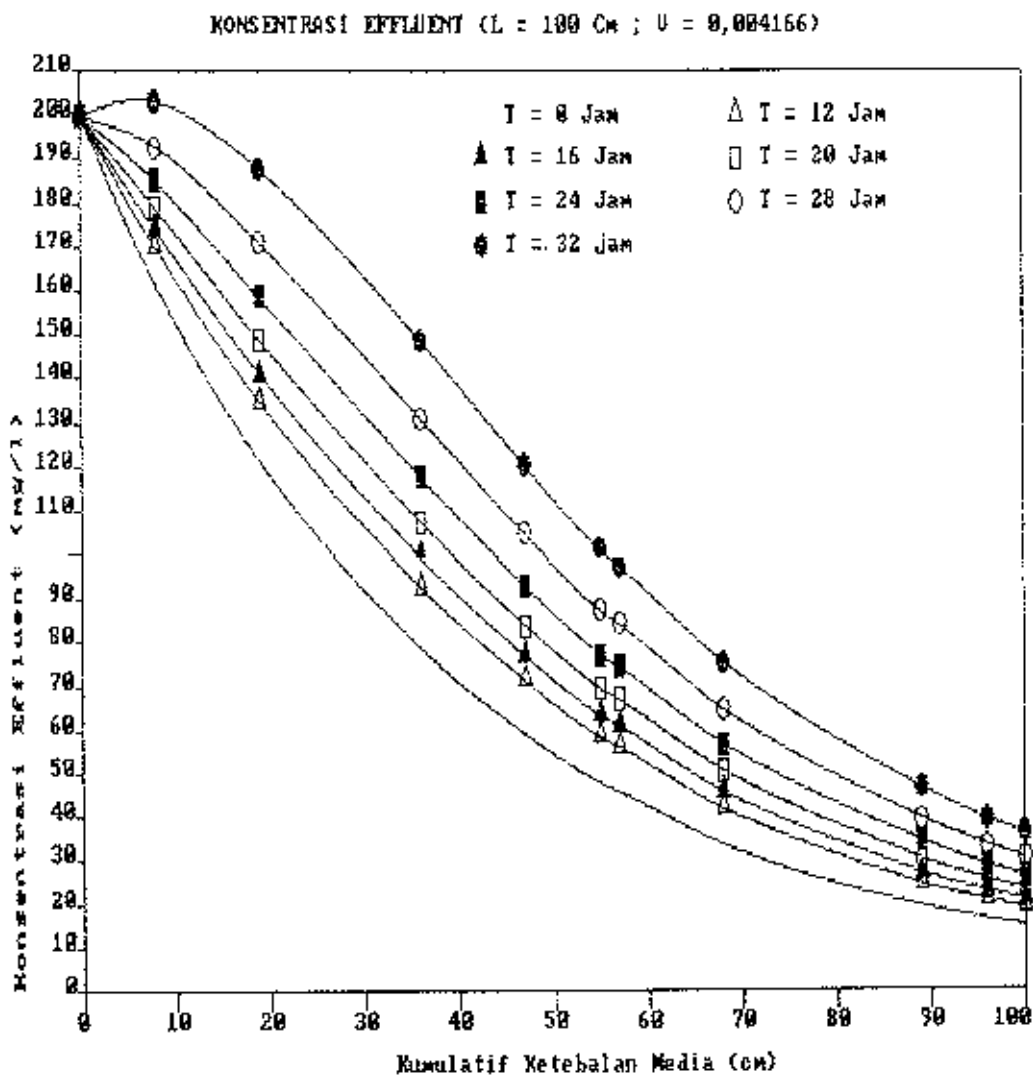
Gambar (4 - 9) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 90 \text{ Cm}$  ;  $V = 0,004166 \text{ m/det}$ )



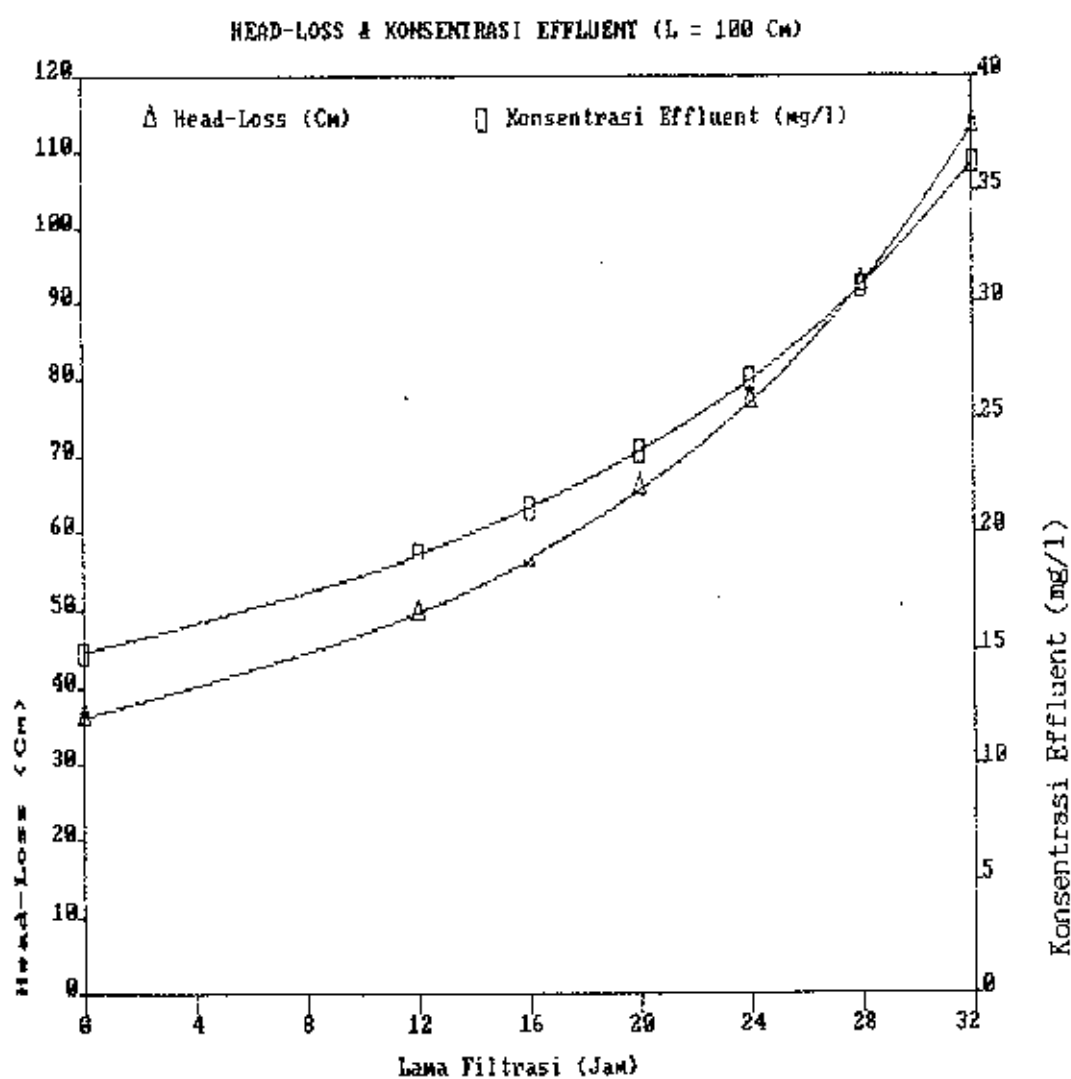
Gambar (4 - 10) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent  
( $L = 90 \text{ Cm}$  ;  $V = 0,004166 \text{ m/det}$ )

Kumulatif Filtrasi												
Y = 0 Jam			Lama Filtrasi T = 12 Jam			Lama Filtrasi T = 16 Jam			Lama Filtrasi T = 20 Jam			
Jenis Media	Ketebalan Media ( m )	Head-Loss Rose ( m )	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	
Batu bara	0.08	0.057526	0.16140	0.10810	0.16998	0.13805	0.17399	0.17951	0.17889			
	0.19	0.047602	0.12126	0.07822	0.13469	0.09444	0.14100	0.11525	0.14873			
	0.36	0.041010	0.07897	0.05893	0.09289	0.06745	0.09947	0.07764	0.10758			
	0.47	0.017926	0.05933	0.02248	0.07147	0.02445	0.07721	0.02665	0.08429			
	0.55	0.010341	0.04788	0.01220	0.05844	0.01298	0.06344	0.01382	0.06959			
	0.57	0.015851	0.04594	0.01923	0.05622	0.02053	0.06108	0.02194	0.06707			
	0.68	0.073635	0.03373	0.08862	0.04203	0.09434	0.04596	0.10057	0.05080			
	0.89	0.074739	0.01954	0.08564	0.02491	0.08960	0.02746	0.09379	0.03061			
	0.96	0.016096	0.01633	0.01744	0.02091	0.01789	0.02309	0.01836	0.02577			
	1.00	0.006507	0.01487	0.00696	0.01907	0.00711	0.02106	0.00727	0.02353			
Pasir Kuarsa												
				0.49781		0.56684		0.65480				

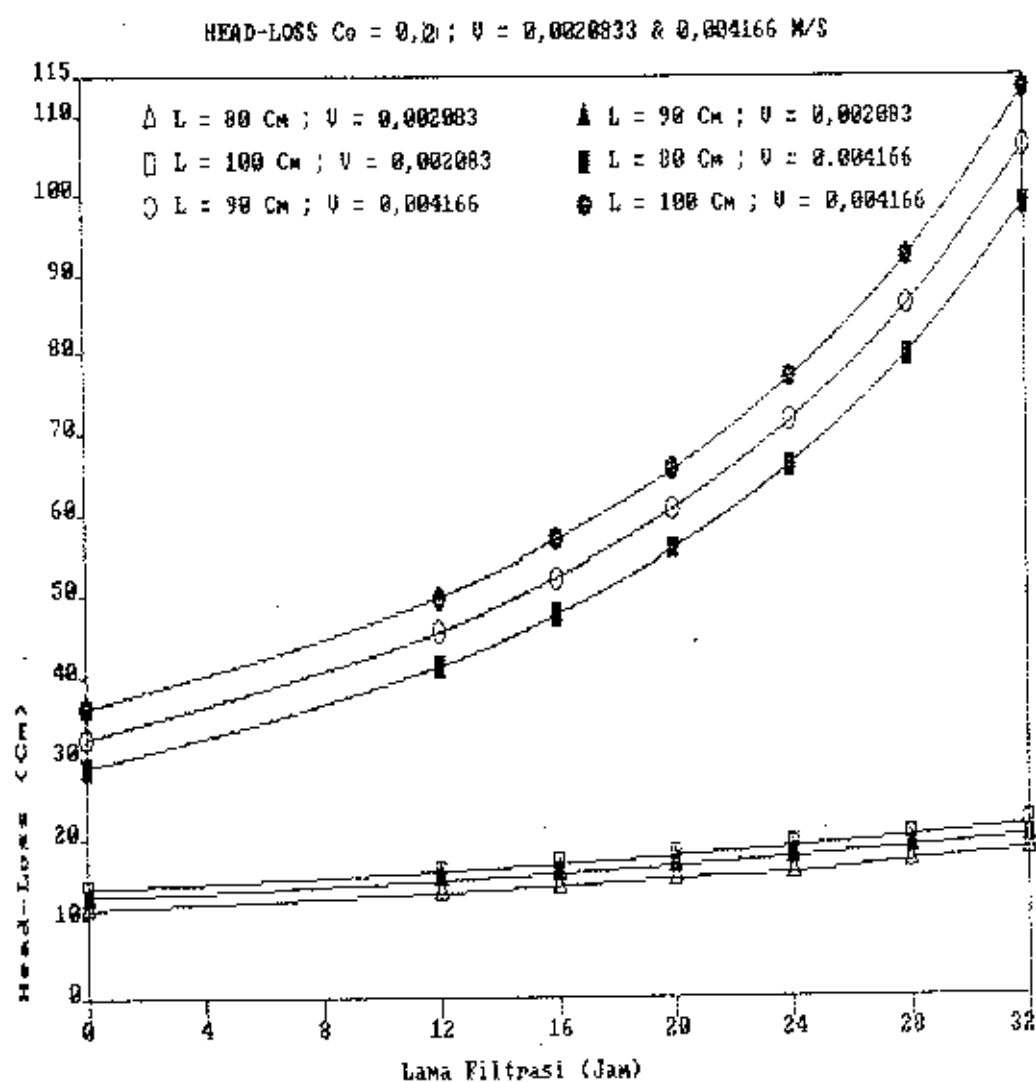
Jenis Media	Kumulatif Ketebalan Media ( m )	T = 24 Jam			Lama Filtrasi T = 28 Jam			Lama Filtrasi T = 32 Jam		
		HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	HL Rose
Batu bara	0.08 0.19 0.36 0.47 0.55 0.57 0.68 0.89 0.96 1.00	0.32265 0.17801 0.10475 0.03187 0.01573 0.02519 0.11471 0.10300 0.01934 0.00759	0.19289 0.17096 0.13103 0.10479 0.08743 0.08443 0.06488 0.03978 0.03360 0.03071	0.44619 0.22570 0.12288 0.03498 0.01681 0.02705 0.12276 0.10804 0.01986 0.00776	0.20937 0.18772 0.14884 0.12037 0.10100 0.09764 0.07560 0.04678 0.03957 0.03620					
Pasir Kuarsa										
		0.92283						1.13205		



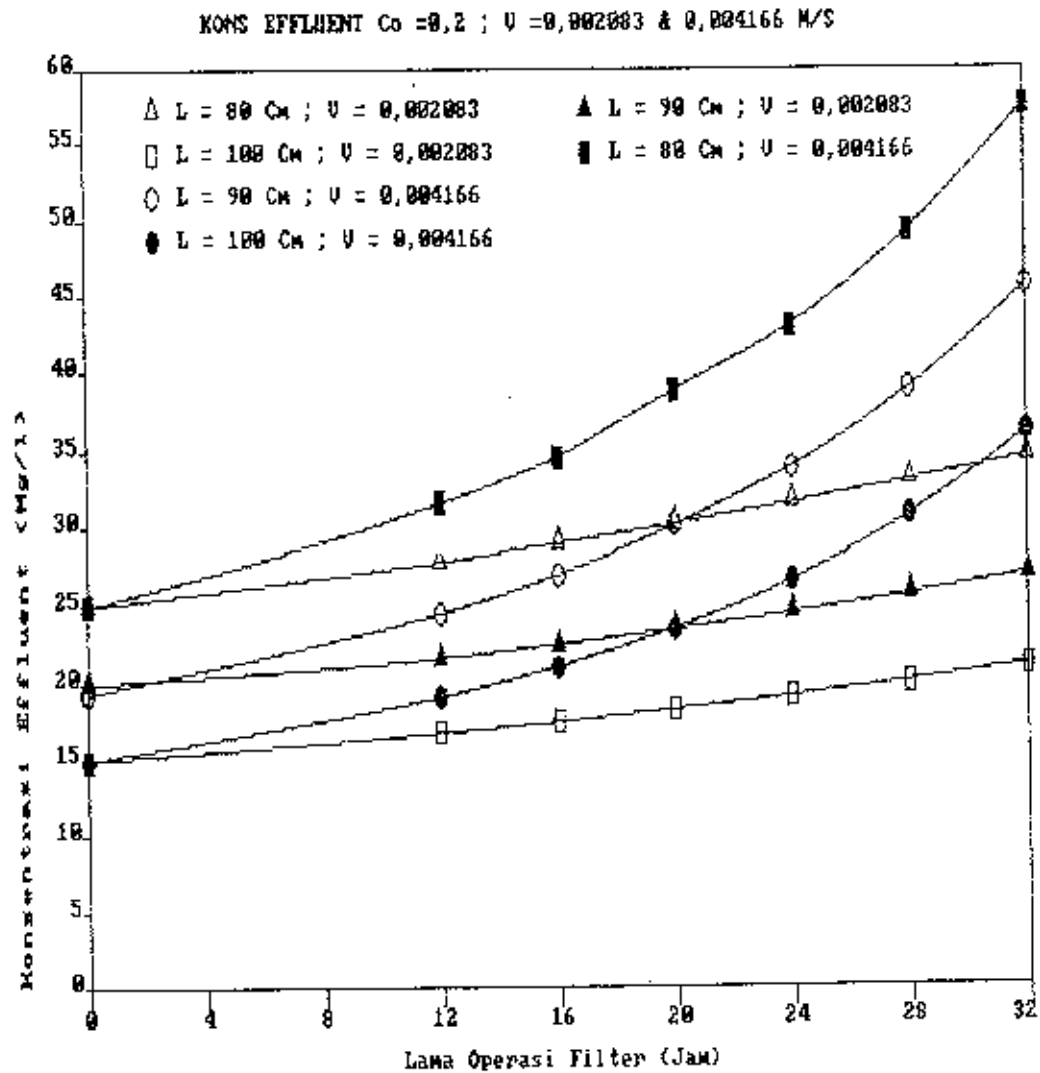
Gambar (4 - 11) : Konsentrasi Effluent  
( $L = 100 \text{ Cm}$  ;  $U = 0,004166 \text{ m/det}$ )



Gambar (4 - 12) : Head-loss dan Konsentrasi Effluent  
(L = 100 Cm ; V = 0,004166 m/det)



Gambar (4 - 13) : Perbandingan Head-loss Pada Saat  
 $V = 0,002083$  &  $0,004166$  m/det



Gambar (4 - 14) : Perbandingan Konsentrasi Effluent Pada  
 $V = 0,002083$  &  $0,004166$  m/det

TABEL (4 - B) : HEAD-LOSS PADA MEDIA PENYANGGR  $\psi = 0.0020833$  M/DET

Jenis Media	L (total) (m)	Flow-rate (M/det)	Shape Faktor	Speris sites	Porositas (mean)	X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
Gravel	0.2	0.002083	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	4.57146	18.81239	7.43257	0.001109	0.001874
		0.002083	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	8.14518	11.32622	5.25571	0.000375	0.000744
		0.002083	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	16.12708	6.58658	3.48850	0.000110	0.000249
		0.002083	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	28.24507	4.51154	2.49233	0.000043	0.000102
											0.001637	0.002967

TABEL (5 - B) : HEAD-LOSS PADA MEDIA PENYANGGR  $\psi = 0.00416$  M/DET

Jenis Media	L (total) (m)	Flow-rate (M/det)	Shape Faktor	Speris sites	Porositas (mean)	X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
Gravel	0.2	0.00416	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	9.12830	10.29486	4.90838	0.002420	0.004933
		0.00416	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	16.26431	6.54578	3.47081	0.000864	0.001958
		0.00416	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	32.20261	4.17216	2.30376	0.000278	0.000656
		0.00416	8.5	0.7	0.48	0.25	0.0500	56.39985	3.13298	1.64591	0.000119	0.000268
											0.003681	0.007815



#### 4.3. SISTEM PENGONTROLAN ALIRAN

Dalam perencanaan ini menggunakan constant-rate control, dengan alasan untuk menjaga stabilitas jumlah air yang diproduksi dan kemudahan dalam pengoperasian.

Constant-rate dapat menggunakan kontrol terhadap bukaan valve dengan menjaga level air diatas media (supernatant layer) tetap, atau menggunakan pengontrolan terhadap ketinggian air diatas media yang berubah bersamaan dengan perubahan head-loss media filter pada saat bukaan valve mencapai maksimum. Untuk sistem yang kedua lebih bersifat manual.

##### 4.3.1. Kontrol Ketinggian Air

Dalam kontrol terhadap ketinggian air, waktu pencucian berdasarkan pada ratio bukaan valve yang telah ditentukan, yang merupakan akibat adanya perubahan head-loss. Diameter valve = 12 inch. Pencucian dilakukan ketika bukaan pada valve telah mencapai maksimum.

##### a. Ketinggian air diatas media

Ketinggian air diatas media dihitung berdasarkan jumlah head-loss total maksimum yang terjadi pada filter (head-loss pada media filter + head-loss pada media penyangga + head-loss pada underdrain + head-loss pada valve).

### 1. Head-loss pada media

Head-loss maksimum pada media terjadi ketika konsentrasi influent 300 mg/l SS, Tabel (Perhitungan-7).

Apabila lama pencucian/backwash filter sebesar 10 menit dan selang waktu pencucian antara filter satu dengan filter yang lain sebesar 8 jam, serta head-loss yang terjadi pada filter setelah beroperasi 24 jam sebesar 21,534 cm. Pencucian dilakukan ketika bukaan pada valve telah mencapai maksimum, yang mana pada perencanaan ini bukaan valve maksimum terjadi pada saat konsentrasi influent sebesar 300 mg/l, Tabel (Perhitungan-7). Apabila lama pencucian sebesar 10 menit dan selang waktu pencucian antara satu filter dengan filter yang lain sebesar 8 jam, maka head-loss yang terjadi pada media filter saat beroperasi 24 jam sebesar 21,534 cm.

2. Head-loss pada media penyangga, Tabel (4-8) = 0,297 cm

3. Head-loss pada underdrain = 15,388 cm

4. Head-loss pada valve saat filter beroperasi 24 jam  
(bukaan penuh) = 0,28 cm

Total Head-loss =  $21,534 + 0,297 + 15,388 + 0,28 = 37,448$  cm

Pada saat yang sama pada filter yang lain (telah beroperasi selama 16 jam) terjadi kenaikan debit sebesar dua kali lipat. Apabila ketinggian air (pada saat normal dua filter beroperasi) diatas media diatur sebesar 37,449 cm maka pada saat filter beroperasi 16 jam bukaan valve

pada filter tersebut mempunyai nilai head-loss yang sama antara head-loss total pada saat lama filtrasi 24 jam dan pada saat filtrasi 16 jam sebesar  $(37,449 - (17,593 + 0,297 + 15,388 + 0,28)) = 3,941$  cm. Tabel (4-11), tinggi bukaan valve = 16,764 cm, head-loss yang terjadi pada valve saat debit filtrasi meningkat dua kali ( $0,004166 \text{ m}^3/\text{det}$ ) sebesar = 20,90 cm. Sedangkan head-loss yang terjadi pada media, Tabel (4-10) = 45,914 cm, head-loss pada penyangga, Tabel (4-8) = 0,7815 cm, dan head loss yang terjadi pada underdrain = 61,553 cm.

$$\begin{aligned} \text{Total head-loss} &= 20,90 + 45,914 + 0,782 + 61,553 \\ &= 129,149 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Ketinggian air yang terjadi pada filter yang tidak dicuci sebesar 129,149 cm.

**b. Fungsi gate valve**

Fungsi dari gate valve untuk mengatur agar ketinggian air diatas media selalu tetap 37,449 cm dengan cara menurunkan (memperkecil) bukaan gate agar head yang diperlukan untuk menjaga debit yang stabil tetap dipenuhi.

Sebagai petunjuk perlu backwash, apabila setelah bukaan valve maksimum masih terjadi kenaikan air dipermukaan media ( $> 37,449$  cm).

## c. Prinsip pelaksanaan :

$$\text{Head (available)} : Hl(\text{media}) + Hl(\text{penyangga}) + \\ Hl(\text{underdrain}) + Hl(\text{valve})$$

## d. Contoh perhitungan

Apabila filter beroperasi 12 jam

$$Hl \text{ pada media} = 16,050 \text{ cm}$$

$$\text{Head (available)} : Hl(\text{media}) + Hl(\text{penyangga}) + \\ Hl(\text{underdrain}) + Hl(\text{valve})$$

$$37,449 = 16,050 + 0,297 + 15,388 + Hl(\text{valve})$$

$$Hl(\text{valve}) = 5,714 \text{ cm, Tabel (5-11) tinggi \% bukaan} = 50\%.$$

## 4.3.2. Kontrol Bukaan Valve

Dalam kontrol terhadap bukaan valve, waktu pencucian berdasarkan pada ratio bukaan valve yang telah ditentukan, yang merupakan akibat adanya perubahan head-loss. Diameter valve = 12 inch. Pencucian dilakukan ketika bukaan pada valve telah mencapai nilai tertentu. Sedangkan bukaan maksimum dilakukan ketika filter mendapat beban maksimum (saat filter yang lain dilakukan pencucian).

## a. Ketinggian air diatas media

Ketinggian air diatas media dihitung berdasarkan jumlah head-loss total maksimum yang terjadi pada filter (head-loss pada media filter + head-loss pada media penyangga + head-loss pada underdrain + head-loss pada

valve), pada saat filter mendapat beban maksimum sebesar  $Q = 80 \text{ l/det}$  dan  $V = 0,004166 \text{ m/det}$  (Saat filter yang lain sedang dilakukan pencucian).

#### 1. Head-loss pada media

Head-loss maksimum pada media terjadi ketika konsentrasi influent  $300 \text{ mg/l SS}$ , Tabel (Perhitungan-7).

Apabila lama pencucian/backwash filter sebesar 10 menit dan selang waktu pencucian antara filter satu dengan filter yang lain sebesar 8 jam, serta head-loss yang terjadi pada filter setelah beroperasi 24 jam sebesar  $21,534 \text{ cm}$ . Head-loss yang terjadi pada media filter saat filter yang lain dilakukan pencucian adalah sebesar  $45,914 \text{ cm}$ , Tabel (4-10)

- Head-loss pada media penyangga  $= 0,7815 \text{ cm}$
- Head-loss pada underdrain  $= 61,553 \text{ cm}$
- Head-loss yang terjadi pada valve saat  $V = 0,004166 \text{ m/det}$

$$H_{\text{pada valve}} = K \frac{V^2}{2g} \quad K = \text{koefisien kehilangan tekanan pada valve gate}$$

$$= 0,18 \frac{1,0864^2}{2 \times 9,81} = 0,0110 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Total head-loss} &= 45,914 + 0,782 + 61,553 + 1,10 \\ &= 109,358 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ketinggian air yang terjadi pada filter yang tidak dicuci sebesar  $109,358 \text{ cm}$ .

## b. Fungsi gate valve

Fungsi dari gate valve untuk mengatur agar ketinggian air diatas media selalu tetap 109,358 cm dengan cara menurunkan (memperkecil) bukaan gate agar head yang diperlukan untuk menjaga debit yang stabil tetap dipenuhi.

Sebagai petunjuk backwash perlu dilaksanakan apabila bukaan valve telah mencapai nilai tertentu ( $> 9,144$  cm).

## c. Prinsip pelaksanaan :

$$\text{Head (available)} : Hl(\text{media}) + Hl(\text{penyangga}) + \\ Hl(\text{underdrain}) + Hl(\text{valve})$$

## d. Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} - \text{ Saat awal filtrasi head-loss} &= \text{head-loss pada media} + \\ &\text{head-loss pada penyangga} + \text{head-loss underdrain} \\ &= 12,651 + 0,2967 + 15,388 = 28,3357 \text{ cm} \end{aligned}$$

jadi bukaan valve yang mengakibatkan sehingga total head-loss sama dengan ketinggian air diatas media.

$$\text{Head (available)} : Hl(\text{media}) + Hl(\text{penyangga}) + \\ Hl(\text{underdrain}) + Hl(\text{valve})$$

$$109,358 = 28,336 + Hl(\text{valve})$$

$$Hl(\text{valve}) = 81,022 \text{ cm, sebesar } 28\% \text{ atau } 8,84 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Pada kondisi normal (rata rata) saat akhir filtrasi} \\ \text{terjadi pada saat waktu filtrasi 24 jam dan head-loss} \\ \text{yang terjadi pada filter} = \end{aligned}$$

$$17,593 + 0,2967 + 15,388 = 33,2777 \text{ cm}$$

Jadi bukaan valve yang mengakibatkan besarnya head-loss sebesar  $(109,358 - 33,278) = 78,08$  cm, sebesar 30% atau 8,144 cm.

Untuk sistem pengoperasian dan pencucian dapat dilihat pada Gambar (4-14) dan (4-15).

→ Berdasarkan pertimbangan terhadap ketinggian air diatas media, alternatif kedua lebih rendah. Kondisi ini akan menghasilkan kedalaman filter yang lebih rendah. Dengan demikian pemilihan pengontrolan yang akan digunakan adalah Kontrol bukaan valve.

TABEL (4 - 9) : HEAD-LOSS YANG TERJADI SRTU SRTU FILTER DICUCI PADA SAAT LAMA FILTRASI 16 JAM  
 BEBAN FILTER MENJADI  $v = 0,004166 \text{ m/det}$

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Spesifisitas	Porositas d (mean) (mm)	X Fraksi	
Batu bara	0.2	0.9	2.21192	0.004166	8.11421	0.73944	0.41774	0.77443	0.1500
			2.28873	0.004166	8.18991	0.73261	0.42877	1.03570	0.2000
			2.36619	0.004166	8.26671	0.72580	0.44050	1.45328	0.3000
			2.44590	0.004166	8.34615	0.71889	0.45325	1.87616	0.2000
			2.48259	0.004166	8.38286	0.71575	0.45937	2.20172	0.1500
			2.48103	0.004166	8.32796	0.94817	0.37364	0.75149	0.0342
			2.48548	0.004166	8.33064	0.94777	0.37364	1.01213	0.2560
			2.51371	0.004166	8.34772	0.94522	0.37757	1.42772	0.4524
			2.54728	0.004166	8.36814	0.94219	0.38235	1.85300	0.1486
			2.55507	0.004166	8.37290	0.94149	0.38347	2.18168	0.0781
Pasir Kuarsa									

Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
0.0750	2.96758	31.18106	9.63231	0.057708	0.078202
0.1000	3.93210	23.54105	8.13574	0.039776	0.059886
0.1500	5.46617	17.10352	6.67670	0.028167	0.047603
0.1000	6.98956	13.48353	5.76105	0.010385	0.019105
0.0750	8.16659	11.68003	5.24744	0.005485	0.010587
0.0141	3.69255	27.19419	8.44842	0.011443	0.016207
0.1056	4.97115	20.64987	7.06802	0.048312	0.075391
0.1867	6.99348	15.10023	5.75912	0.042737	0.074003
0.0613	9.04755	11.99006	4.93461	0.008233	0.015309
0.0322	10.64447	10.43803	4.47607	0.003168	0.006131
0.9				0.255413	0.402425





PENGARUH PADA FILTER AKIBAT PEMBEBANAN MAKSIMUM SETELAH FILTER YANG LAIN  
DILAKUKAN PENGUCIAN

Filter - 51

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien: Filter	Flow-rate: (m <sup>3</sup> /det)	Shape Faktor	Spesitas	Porositatis (mean) ( mm )
Batu bara	0.2	0.9	2.20606	0.002083	8.10849	0.73997	0.41664
			2.28355	0.002083	8.18485	0.73906	0.42780
			2.36191	0.002083	8.26252	0.72617	0.43970
			2.44278	0.002083	8.34309	0.71916	0.45267
			2.48005	0.002083	8.38042	0.71595	0.45891
Pasir Kuarsa			2.47850	0.002083	6.32644	0.94840	0.37326
			2.48303	0.002083	6.32917	0.94799	0.37327
			2.51180	0.002083	6.34658	0.94539	0.37728
			2.54607	0.002083	6.36742	0.94230	0.38217
			2.55403	0.002083	6.37229	0.94158	0.38331

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	f <sup>*</sup>	Cd	Head-Loss: Car-Koz ( m )	Head-Loss: Rose ( m )
0.1500	0.0750	1.48610	60.63182	16.14961	0.028299	0.033090
0.2000	0.1000	1.96876	45.34583	12.32130	0.019299	0.022858
0.3000	0.1500	2.73626	32.46499	10.11293	0.013448	0.018143
0.2000	0.1000	3.49786	25.22117	8.72750	0.004878	0.007269
0.1500	0.0750	4.08623	21.61260	7.95020	0.002546	0.004025
0.0342	0.0141	1.84744	52.63731	12.99098	0.005556	0.006255
0.2560	0.1056	2.48709	39.54885	10.70919	0.023210	0.028865
0.4524	0.1867	3.49851	28.44923	8.72654	0.020183	0.028116
0.1486	0.0613	4.52545	22.22856	7.47781	0.003823	0.005811
0.0781	0.0322	5.32401	19.12466	6.78311	0.001453	0.002327
	0.9				0.122695	0.156559





TABEL ( 4 - 9 ) HEAD-LOSS YANG TERJADI SART SATU FILTER DIKUCI PRODA SART LAMR FILTRASI 8 JRM  
BERRN FILTER MENJADI  $V = 0,004166 \text{ M/DET}$

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien: Filler	Flow rate (m/det)	Shape Faktor	Sperti situs	porositas: d (mean) ( mm )	X Fraksi											
Batu bara:	0.2	0.9	2.41904	0.004166	8.31934	0.72121	0.44887	0.75848	0.1500										
			2.45277	0.004166	8.35302	0.71830	0.45438	1.01826	0.2000										
			2.48775	0.004166	8.38802	0.71531	0.46025	1.43452	0.3000										
			2.52480	0.004166	8.42516	0.71215	0.46663	1.85987	0.2000										
			2.54223	0.004166	8.44266	0.71068	0.46969	2.10702	0.1500										
			2.54148	0.004166	6.36461	0.94271	0.38151	0.74737	0.0342										
			2.54361	0.004166	6.36590	0.94252	0.38182	1.00678	0.2560										
			2.55720	0.004166	6.37420	0.94129	0.38378	1.42193	0.4524										
			2.57355	0.004166	6.38420	0.93982	0.38617	1.84844	0.1486										
			2.57737	0.004166	6.38655	0.93947	0.38674	2.17711	0.0781										
Pasir Kuarsa																			
										Tebal Media ( m )	N Re	f <sup>2</sup>	Cd	Head-loss: Car-Koz ( m )		Head-Loss: Rose ( m )			
														0.0750		2.83480		30.91233	
														0.1000		3.79037		23.34234	
														0.1500		5.31763		16.97530	
														0.1000		6.86391		13.40597	
														0.0750		8.05460		11.62591	
														0.0141		3.65116		27.15931	
														0.1056		4.91743		20.60662	
														0.1867		6.93645		15.07566	
														0.0613		9.00259		11.97756	
														0.0322		10.59938		10.42871	
																4.48749			
																0.003082		0.005967	
0.9			0.224720		0.359197														



PENGARUH PAPAN FILTER AKIBAT PEMBEDAAN MAKSIMUM SETIAH FILTER YANG LAIN  
DILAKUKAN PENGUCILAN

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m <sup>3</sup> /det)	Shape Faktor	Spesifisitas	Porositas (mean) (mm)
Batu bara	0.2	0.9	2.41252	0.002083	8.31292	0.72177	0.44766
			2.44725	0.002083	8.34757	0.71877	0.45336
			2.48336	0.002083	8.38369	0.71568	0.45944
			2.52173	0.002083	8.42213	0.71241	0.46606
			2.53983	0.002083	8.44029	0.71038	0.46925
Pasir Kuarsa			2.53904	0.002083	8.36314	0.94293	0.38114
			2.54125	0.002083	8.36448	0.94273	0.38147
			2.55539	0.002083	8.37311	0.94146	0.39351
			2.57242	0.002083	8.38353	0.93992	0.38600
			2.57640	0.002083	8.38598	0.93956	0.38660

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f <sup>*</sup>	Cd	Head-Loss Car-Koz (m)	Head-Loss Rose (m)
0.1500	0.0750	1.41980	60.10377	16.90382	0.022412	0.027200
0.2000	0.1000	1.83794	44.95270	12.64529	0.015931	0.019294
0.3000	0.1500	2.66193	32.21060	10.28143	0.011593	0.015907
0.2000	0.1000	3.43493	25.06646	8.82310	0.004413	0.006660
0.1500	0.0750	4.03012	21.50447	8.01643	0.002357	0.003764
0.0342	0.0141	1.82669	52.56771	13.13849	0.005205	0.005884
0.2500	0.1056	2.46020	39.46245	10.77929	0.021649	0.026741
0.4524	0.1867	3.46992	28.40006	8.76960	0.019147	0.026683
0.1486	0.0613	4.50289	22.20352	7.50027	0.003701	0.005629
0.0781	0.0322	5.30143	19.10584	6.80042	0.001414	0.002264
	0.9				0.107826	0.140026

T = 16 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap- lapisan) kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap- lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	n
28200	0.16690	0.02829	0.01852	0.01406	0.77312	0.98080	1.77446	5.93278	0.07069
28200	0.13067	0.02395	0.01562	0.01592	1.03484	0.98389	3.20744	4.40623	0.09746
28200	0.09003	0.01903	0.01236	0.01775	1.45301	0.90733	6.38636	3.11753	0.14127
28200	0.06996	0.01431	0.00861	0.01602	1.87656	0.99124	10.77421	2.39580	0.18898
28200	0.05783	0.01042	0.00673	0.01471	2.20235	0.99318	14.92479	2.03378	0.25560
28200	0.05579	0.00861	0.00555	0.00415	0.79169	0.99439	1.74485	5.23919	0.07112
28200	0.04266	0.00831	0.00536	0.00540	1.01240	0.99458	3.16690	3.88809	0.09597
28200	0.02647	0.00639	0.00411	0.00585	1.42808	0.99585	6.32503	2.75108	0.13703
28200	0.02261	0.00399	0.00256	0.00474	1.85337	0.99742	10.70314	2.11474	0.18064
28200	0.02081	0.00342	0.00219	0.00477	2.18208	0.99780	14.85290	1.79514	0.21345

Filter - 57

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Qd	F*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	De Outflow (tiap- lapisan) kg/m <sup>3</sup>
0.15328	0.73590	0.41937	1.47440	16.27780	60.82081	0.02792	0.03275	2.24977	0.16895
8.21309	0.73054	0.42941	1.95915	12.35751	45.43637	0.01916	0.02269	2.31077	0.13409
8.27746	0.72486	0.44041	2.72943	10.12812	32.50292	0.01342	0.01810	2.37608	0.09383
8.34834	0.71871	0.45275	3.49514	8.73159	25.23609	0.00489	0.00727	2.44759	0.07350
8.38276	0.71575	0.45883	4.08508	7.95155	21.62129	0.00255	0.00403	2.48216	0.06102
6.32743	0.94825	0.37254	1.84720	12.98266	52.70273	0.00760	0.00631	2.48037	0.05892
6.33001	0.94787	0.37315	2.48684	10.70903	39.55976	0.02324	0.02871	2.48464	0.04532
6.34659	0.94538	0.37712	3.49870	8.72625	28.45488	0.02022	0.02816	2.51208	0.02835
6.36708	0.94235	0.38201	4.52609	7.47718	22.23098	0.00383	0.00582	2.54553	0.02425
6.37192	0.94163	0.38318	5.32476	6.78253	19.12599	0.00146	0.00233	2.55344	0.02234
						0.12228	0.15617		



Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
57000	0.16690	0.05718	0.03630	0.02907	0.78814	0.95876	1.73460	5.79949	0.06733
57000	0.13067	0.04840	0.03219	0.03260	1.05172	0.96574	3.14826	4.32493	0.09363
57000	0.09003	0.03946	0.02537	0.03642	1.47168	0.97334	6.29587	3.07336	0.13698
57000	0.06936	0.02691	0.01759	0.03273	1.89327	0.98179	10.67149	2.37296	0.18507
57000	0.05783	0.02106	0.01371	0.02999	2.21762	0.98592	14.81559	2.01890	0.22200
57000	0.05579	0.01740	0.01129	0.00844	0.75599	0.98845	1.73443	5.20690	0.06986
57000	0.04266	0.01680	0.01090	0.01098	1.01798	0.98086	3.14667	3.86571	0.09433
57000	0.02647	0.01292	0.00836	0.01188	1.43412	0.99150	6.29746	2.73907	0.13530
57000	0.02261	0.00807	0.00520	0.00961	1.85825	0.99475	10.67441	2.10906	0.17919
57000	0.02081	0.00690	0.00444	0.00969	2.18698	0.99552	14.81892	1.79103	0.21200

Perubahan: Perubahan Shape (Spektrik Faktor)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f <sup>2</sup>	H <sub>L</sub> Car-K <sub>12</sub>	H <sub>L</sub> Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
7.97012	0.75281	0.39048	1.53758	15.60890	61.21200	0.03505	0.04006	2.05923
8.06155	0.74427	0.40496	2.02854	12.10212	45.75047	0.02317	0.02714	2.15473
8.16018	0.73528	0.42098	2.80423	9.96514	32.72193	0.01557	0.02076	2.25651
8.26075	0.72562	0.43916	3.56019	8.63550	25.37970	0.00541	0.00798	2.36723
8.32142	0.72103	0.44819	4.14372	7.88383	21.72523	0.00276	0.00433	2.42049
8.28965	0.95395	0.36324	1.86891	12.84170	52.81639	0.00605	0.00678	2.41750
6.29358	0.95335	0.36466	2.51503	10.63765	39.64236	0.02501	0.03091	2.42416
6.31897	0.94952	0.37059	3.52890	8.68137	28.50379	0.02138	0.02979	2.46631
6.34999	0.94488	0.37793	4.55022	7.45337	22.25683	0.00396	0.00602	2.51749
6.35735	0.94379	0.37969	5.34897	6.76409	19.14517	0.00150	0.00240	2.52306
						0.13987	0.17617	

TABEL ( 4 - 10 ) : HEAD-LOSS YANG TERJADI SARI SRTU FILTER DICUCI PRDR SRTI LAMA FILTRASI 16 JAM  
(Co = 300 MG/L DAN KECEPATAN FILTRASI MENJADI 0,004166 M/DET)

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien: Filter	Flow-rate: (m <sup>3</sup> /det)	Shape Faktor	Spesris sitas	Porositas: d (mean) ( mm )	X Fraksi	
Batu bara:	0.3	0.9	1.97144	0.004166	7.08052	0.76137	0.38661	0.79128	0.1500
			2.10385	0.004166	8.00853	0.74920	0.40315	1.05392	0.2000
			2.23822	0.004166	8.13516	0.73754	0.42074	1.47264	0.3000
			2.36220	0.004166	8.26274	0.72615	0.43988	1.89279	0.2000
			2.42021	0.004166	8.32051	0.72111	0.44906	2.21665	0.1500
Pasir Kuarsa			2.41777	0.004166	6.29004	0.95389	0.36454	0.75566	0.0342
			2.42474	0.004166	6.29420	0.95326	0.36546	1.01754	0.2560
			2.46876	0.004166	6.32057	0.94928	0.37135	1.43349	0.4524
			2.52047	0.004166	6.35189	0.94461	0.37852	1.85759	0.1486
			2.53239	0.004166	6.35907	0.94353	0.38021	2.18628	0.0781

Tebal Media (m)	N Re	f*	Cd	Head-Loss: Darcy-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
0.0750	3.12207	31.22031	9.34342	0.072089	0.098284
0.1000	4.09188	23.62532	7.94361	0.048226	0.071892
0.1500	5.62059	17.18709	6.56043	0.032660	0.054578
0.1000	7.12272	13.54577	5.69619	0.011474	0.020895
0.0750	8.28354	11.72653	5.20286	0.005922	0.011332
0.0141	3.73544	27.26746	8.39009	0.012390	0.017560
0.1056	5.02667	20.68521	7.02108	0.051814	0.080920
0.1867	7.05150	15.12193	5.73044	0.045058	0.078041
0.0613	9.09326	12.00177	4.91971	0.008503	0.015810
0.0322	10.69003	10.44675	4.46462	0.003256	0.006301
0.9				0.292293	0.455614



PENGARUH PADA FILTER AKIBAT PEMBEANAN MAKSIMUM SETELAH FILTER YANG LAIN  
DILAKUKAN PENGUJIAN

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien: Filter	Flow-rate: (m/det)	Shape Faktor	Spersitas	Porositas: d (mean) ( mm )
Batu bara	0.3	0.9	1.96389	0.002083	7.87307	0.76209	0.38513
			2.09674	0.002083	6.00159	0.74905	0.40179
			2.22700	0.002083	8.12908	0.73809	0.41957
			2.35744	0.002083	8.25808	0.72656	0.43900
			2.41635	0.002083	8.31672	0.72144	0.44834
			2.41381	0.002083	6.28766	0.95425	0.36394
Pasir			2.42090	0.002083	6.29189	0.95361	0.36488
Kwarsa			2.46573	0.002083	6.31875	0.94956	0.37089
			2.51852	0.002083	6.35066	0.94478	0.37823
			2.53071	0.002083	6.35606	0.94368	0.37996
							0.79203
							1.05483
							1.47374
							1.89366
							2.21766
							0.75595
							1.01791
							1.43390
							1.85793
							2.18663

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz ( m )	Head-Loss: Rose ( m )
0.1500	0.0750	1.56422	60.71236	15.34316	0.035923	0.040905
0.2000	0.1000	2.04979	45.52581	12.02669	0.023485	0.027541
0.3000	0.1500	2.81890	32.63586	9.93399	0.015647	0.020867
0.2000	0.1000	3.56590	25.34870	8.62721	0.005404	0.007969
0.1500	0.0750	4.14614	21.70791	7.88108	0.002756	0.004316
0.0342	0.0141	1.86940	52.78680	12.63832	0.006029	0.006758
0.2560	0.1056	2.51594	39.62168	10.63637	0.024942	0.030828
0.4524	0.1867	3.52850	28.49388	8.68196	0.021313	0.029696
0.1486	0.0613	4.54896	22.25269	7.45460	0.003952	0.006007
0.0781	0.0322	5.34750	19.14249	6.76521	0.001495	0.002393
	0.9				0.140944	0.17260



T = 24 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3	Specific Deposit (Tiap- Lapisan)	(D/d)	D ( mm )	d Perubahan ( mm )	x	S	Jumlah S	D
28200	0.25801	0.03454	0.02272	0.01800	0.81002	0.97625	1.92295	5.96684	0.05876
28200	0.20994	0.03183	0.02089	0.02204	1.07687	0.97824	3.41776	4.43902	0.08334
28200	0.15032	0.02741	0.01793	0.02642	1.50016	0.93143	6.69312	3.14215	0.12481
28200	0.11875	0.02078	0.01352	0.02561	1.91946	0.98611	11.10582	2.41226	0.17337
28200	0.09907	0.01682	0.01092	0.02421	2.24187	0.98885	15.27031	2.04576	0.21093
28200	0.09575	0.01402	0.00908	0.00686	0.76281	0.99076	1.77778	5.24156	0.06676
28200	0.07414	0.01359	0.00880	0.00895	1.02687	0.99105	3.22438	3.89063	0.09029
28200	0.04679	0.01072	0.00692	0.00992	1.44383	0.99298	6.41078	2.75281	0.13084
28200	0.04009	0.00691	0.00445	0.00826	1.86620	0.99551	10.79037	2.11577	0.17550
28200	0.03695	0.00595	0.00383	0.00837	2.19499	0.99614	14.95550	1.79595	0.20825

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Sperisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) kg/m3
7.68606	0.78063	0.35059	1.63868	14.64593	61.19503	0.04839	0.05428	1.77038	0.26270
7.82744	0.76653	0.36996	2.13917	11.72262	45.92865	0.03063	0.03578	1.91635	0.21683
7.97810	0.75206	0.39216	2.92375	9.71869	32.93463	0.01952	0.02579	2.07133	0.15896
8.14340	0.73679	0.41822	3.66501	8.48646	25.56090	0.00636	0.00926	2.24032	0.12706
8.22396	0.72958	0.43152	4.23867	7.77739	21.86760	0.00314	0.00486	2.32214	0.10675
8.22955	0.96315	0.34992	1.90397	12.60526	52.96487	0.00683	0.00762	2.31710	0.10331
6.23557	0.96222	0.35129	2.56058	10.52370	39.75162	0.02814	0.03488	2.32724	0.08080
6.27441	0.95627	0.36018	3.57803	8.60965	28.57302	0.02341	0.03266	2.39235	0.05169
6.32216	0.94904	0.37132	4.58979	7.41474	22.29611	0.00419	0.00638	2.47166	0.04442
6.33355	0.94734	0.37401	5.38874	6.73410	19.17498	0.00157	0.00252	2.49046	0.04100
						0.17219	0.21402		

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det.)	Shape Faktor	Spersitas	Porositas (mean) (mm)
Batu bara	0.3	0.9	2.31420	0.004166	8.22006	0.72992	0.43331
			2.37313	0.004166	8.27360	0.72520	0.44158
			2.42830	0.004166	8.32650	0.72041	0.45037
			2.48392	0.004166	8.38619	0.71545	0.45994
			2.51274	0.004166	8.41307	0.71318	0.46453
Pasir Kuarsa	0.3	0.9	2.51160	0.004166	8.34644	0.94541	0.37727
			2.51486	0.004166	8.34842	0.94512	0.37773
			2.53563	0.004166	8.36104	0.94324	0.38068
			2.56048	0.004166	8.37620	0.94100	0.38426
			2.56627	0.004166	8.37975	0.94048	0.38511

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss Car-Koz (m)	Head-Loss Rose (m)
0.1500	0.0750	2.89881	31.07371	9.76876	0.051343	0.070137
0.2000	0.1000	3.85920	23.45489	8.22761	0.036139	0.054853
0.3000	0.1500	5.39029	17.04495	6.73294	0.026165	0.044550
0.4000	0.2000	6.92586	13.44665	5.73279	0.009880	0.018284
0.5000	0.2750	8.10996	11.65393	5.26939	0.005278	0.010238
0.6342	0.0141	3.67167	27.19062	8.47723	0.011113	0.015735
0.2560	0.1056	4.94408	20.62927	7.09121	0.046662	0.072813
0.4524	0.1867	6.96480	15.08831	5.77333	0.041629	0.072090
0.1486	0.0613	9.02498	11.98392	4.94201	0.008102	0.015067
0.0781	0.0322	10.62186	10.43342	4.48179	0.003125	0.006048
	0.9				0.239435	0.379814





PENGARUH PADA FILTER AKIBAT PEMBEANAN MAKSIMUM SETELAH FILTER YANG LAIN  
DILAKUKAN PENCUCIAN

Jenis Media	Co	L (total) (m)	Koefisien: Filter	Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Spersitas	Porositas (mean)
Batu bara	0.3	0.9	2.30987	0.002083	8.21092	0.73073	0.43157
			2.36508	0.002083	8.26569	0.72509	0.44000
			2.42179	0.002083	8.32216	0.72097	0.44917
			2.48128	0.002083	8.38161	0.71585	0.45908
			2.50908	0.002083	8.40945	0.71348	0.46385
Pasir Kuarsa			2.50787	0.002083	6.34419	0.94575	0.37671
			2.51126	0.002083	6.34624	0.94544	0.37719
			2.53285	0.002083	6.35936	0.94349	0.38026
			2.55872	0.002083	6.37515	0.94115	0.38400
			2.56477	0.002083	6.37885	0.94061	0.38488

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
0.1500	0.0750	1.45284	60.43793	16.51934	0.025296	0.030073
0.2000	0.1000	1.93357	45.18647	12.45536	0.017601	0.021009
0.3000	0.1500	2.69969	32.35536	10.19492	0.012529	0.017025
0.2000	0.1000	3.46721	25.15144	8.77371	0.004650	0.006969
0.1500	0.0750	4.05905	21.56295	7.98210	0.002454	0.003897
0.0342	0.0141	1.83740	52.63342	13.06192	0.005404	0.006095
0.2560	0.1056	2.47410	39.50996	10.74291	0.022449	0.027724
0.4524	0.1867	3.48475	28.42665	8.74720	0.019681	0.027419
0.1486	0.0613	4.51463	22.21688	7.48856	0.003764	0.005723
0.0781	0.0322	5.31319	19.11581	6.79139	0.001434	0.002297
	0.9				0.115262	0.148231

T = 16 JAM

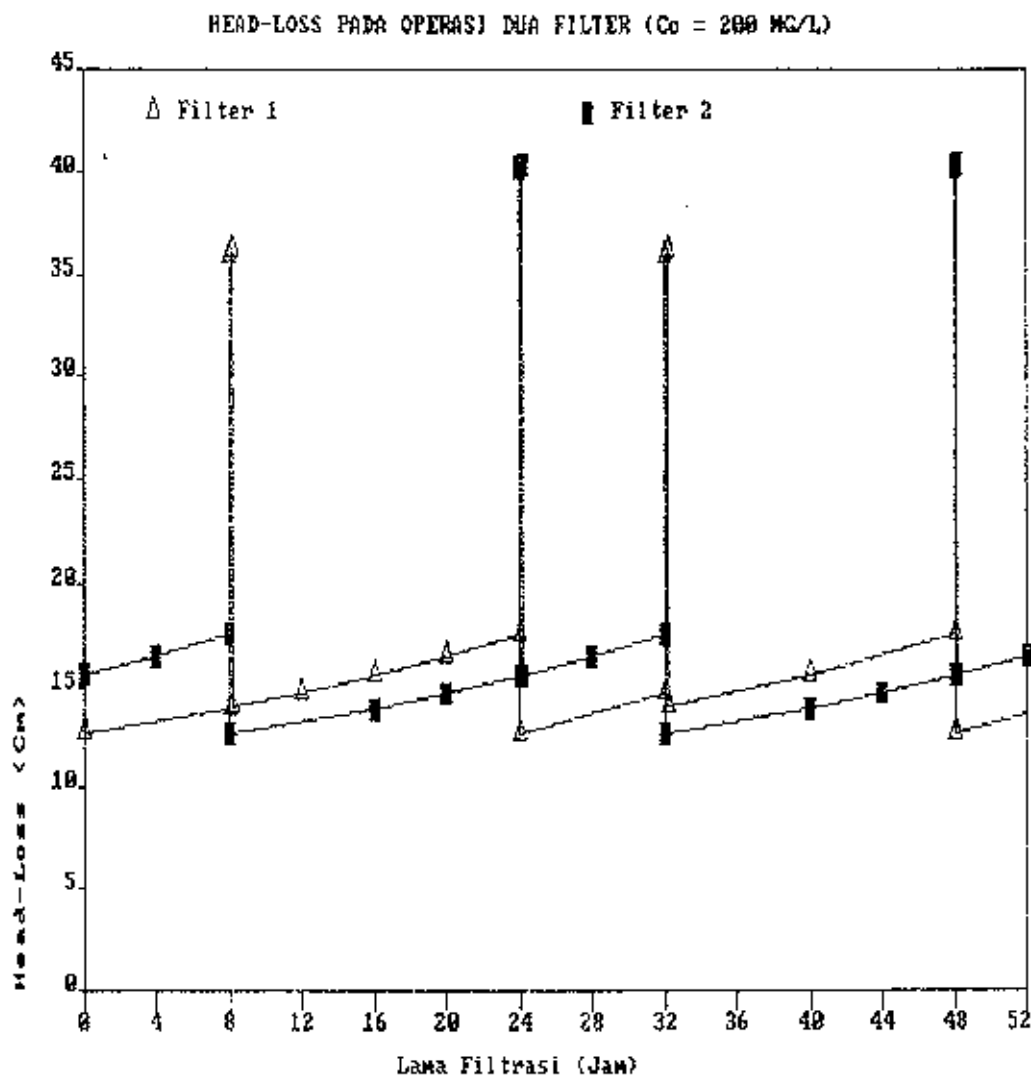
Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m3	Specific Deposit (tiap Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	$\alpha$	S	Jumlah S	D
28200	0.25228	0.04063	0.02685	0.02060	0.78780	0.97171	1.79590	5.91144	0.06613
28200	0.19915	0.03498	0.02302	0.02366	1.05153	0.97592	3.23757	4.39420	0.09219
28200	0.13049	0.02828	0.01851	0.02674	1.47168	0.98081	6.42999	3.11165	0.19526
28200	0.10805	0.02015	0.01310	0.02449	1.89348	0.98655	10.82090	2.39316	0.18341
28200	0.08952	0.01590	0.01031	0.02262	2.21791	0.98948	14.97337	2.03220	0.22043
28200	0.06641	0.01316	0.00852	0.00638	0.75607	0.99134	1.74949	5.22837	0.06953
28200	0.06627	0.01272	0.00823	0.00831	1.01810	0.99164	3.17502	3.88145	0.09390
28200	0.04130	0.00984	0.00635	0.00905	1.43428	0.99357	6.33716	2.74751	0.13482
28200	0.03530	0.00620	0.00399	0.00738	1.85840	0.99598	10.71529	2.11306	0.17879
28200	0.03250	0.00531	0.00341	0.00744	2.18714	0.99656	14.86716	1.79395	0.21158

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesifisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	$f^3$	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m3
7.97859	0.75201	0.39094	1.53530	15.63216	61.25563	0.03497	0.03999	2.06981	0.25686
8.06667	0.74380	0.40510	2.02688	12.10808	45.77579	0.02317	0.02714	2.16084	0.20695
8.16243	0.73508	0.42089	2.80346	9.96678	32.73542	0.01560	0.02079	2.25908	0.14747
8.26889	0.72561	0.43893	3.56053	8.63501	25.38687	0.00542	0.00799	2.36739	0.11638
8.32100	0.72107	0.44796	4.14448	7.68297	21.72989	0.00277	0.00433	2.42004	0.09706
6.28924	0.95401	0.36355	1.86924	12.83944	52.92306	0.00606	0.00679	2.41707	0.09381
6.29316	0.95342	0.36447	2.51549	10.63648	39.64722	0.02506	0.03037	2.42360	0.07262
6.31846	0.94960	0.37042	3.52958	8.68037	28.50607	0.02141	0.02984	2.46555	0.04583
6.34953	0.94495	0.37780	4.55091	7.45260	22.57993	0.00397	0.00603	2.51676	0.03927
6.35693	0.94385	0.37957	5.34971	6.76354	19.14613	0.00150	0.00240	2.52890	0.03620
						0.13993	0.17627		

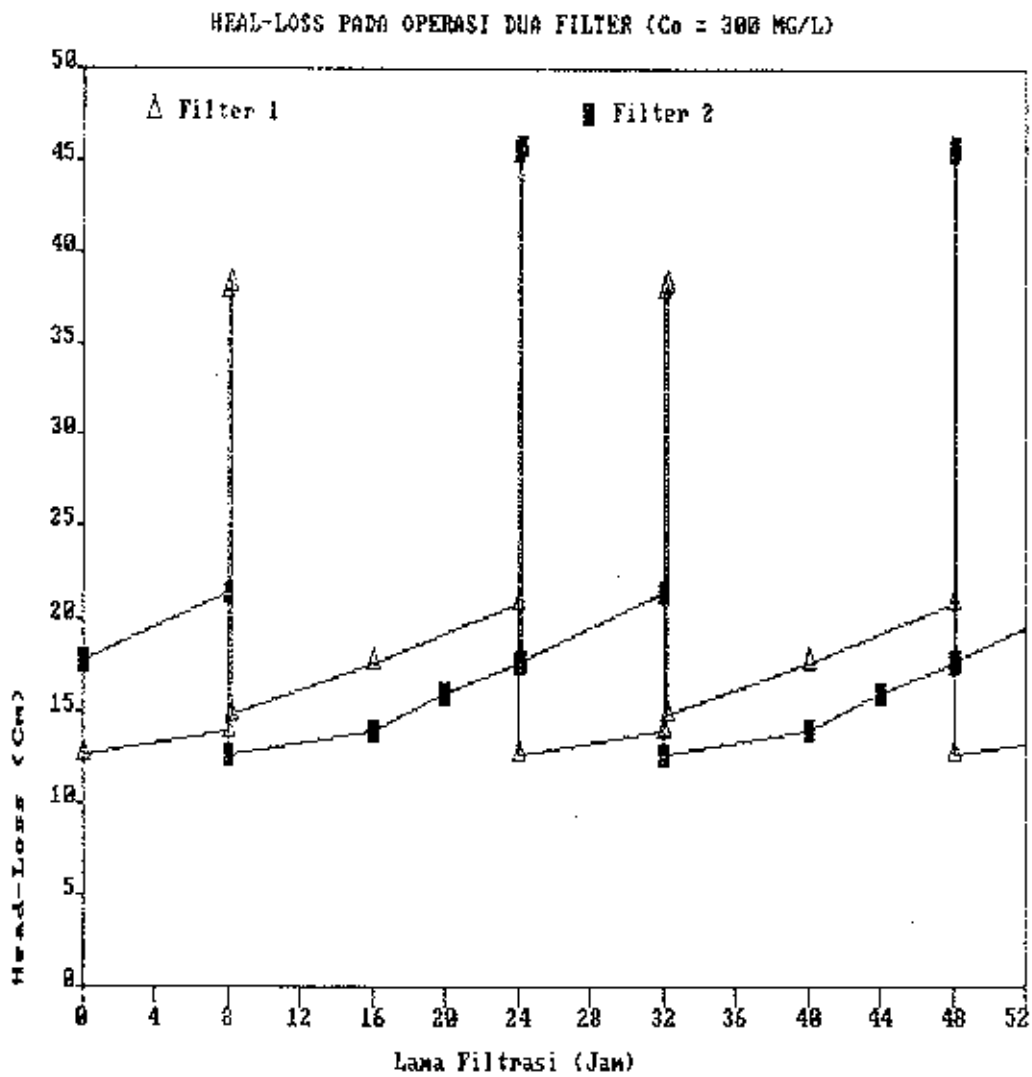
T = 24 JRM

Lama Operasi (det)	De Outflow (Tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	0
57000	0.25228	0.08212	0.05619	0.04451	0.83653	0.93749	1.84662	5.52453	0.06325
57000	0.19915	0.07071	0.04791	0.05053	1.10537	0.94750	3.31039	4.15717	0.08885
57000	0.13849	0.05716	0.03029	0.05642	1.53016	0.95878	6.53870	2.98293	0.13144
57000	0.10805	0.04072	0.02692	0.05098	1.94483	0.97163	10.94276	2.32603	0.17986
57000	0.08952	0.03213	0.02109	0.04678	2.26444	0.97802	15.10307	1.98839	0.21712
57000	0.08641	0.02661	0.01739	0.01315	0.76909	0.98200	1.76207	5.13674	0.06816
57000	0.06627	0.02572	0.01680	0.01710	1.03501	0.98264	3.13701	3.81554	0.09212
57000	0.04130	0.01989	0.01294	0.01855	1.45245	0.98673	6.37041	2.71208	0.13287
57000	0.03530	0.01252	0.00810	0.01505	1.87298	0.99177	10.74980	2.09630	0.17720
57000	0.03250	0.01073	0.00693	0.01515	2.20178	0.99297	14.90791	1.78182	0.20998

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	Ht Car-Koz	Ht. Rose	Koefisien: Filter	De Outflow (Tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>
7.69767	0.77946	0.34945	1.68976	14.20321	59.49958	0.04616	0.05172	1.76703	0.26276
7.83177	0.76611	0.36937	2.19456	11.54417	44.85378	0.02932	0.03457	1.91232	0.21703
7.97916	0.75196	0.39201	2.98182	9.60469	32.33484	0.01882	0.02503	2.06869	0.15913
8.14386	0.73675	0.41836	3.71324	8.42015	25.24600	0.00619	0.00906	2.23976	0.12720
8.22450	0.72952	0.43172	4.28102	7.73113	21.66144	0.00307	0.00477	2.32235	0.10687
6.23001	0.96308	0.35010	1.91952	12.50998	52.53586	0.00671	0.00749	2.31728	0.10343
6.23605	0.96215	0.35147	2.58070	10.47441	39.44488	0.02765	0.03437	2.32752	0.08088
6.27496	0.95618	0.36036	3.59908	8.57939	28.40824	0.02309	0.03228	2.39303	0.05174
6.32268	0.94896	0.37147	4.60609	7.39898	22.21832	0.00416	0.00633	2.47246	0.04446
6.33403	0.94726	0.37415	5.40498	6.72195	19.11870	0.00156	0.00250	2.49121	0.04103
						0.16674	0.20812		



Gambar (4 - 15) : Kurva Head-loss Pada Pengoperasian Dua Filter ( $C_0 = 200 \text{ mg/l}$ )



Gambar (4 - 16) : Kurva Head-loss Pada Pengoperasian Dua Filter ( $C_0 = 300 \text{ mg/l}$ )



## 4.4. SISTEM INLET

Sistem inlet yang digunakan berupa saluran yang dikombinasikan dengan pipa seperti terlihat pada gambar dibawah

- Lebar saluran = 50 cm
- Kedalaman saluran = 110 cm
- Diameter pipa = 12' = 30,48 cm

$$A_{\text{pipa}} = 0,25 \times \pi \times 0,3048^2$$

$$= 0,072966 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{pipa}} = \frac{0,04}{0,072966} = 0,54820 \text{ m/det}$$

Head-loss :

$$\text{- Pada pipa} = L \frac{\lambda}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Untuk  $V = 0,002083 \text{ m/det}$

Untuk pipa baru  $(\lambda/D) = 0,0573$

$$= 1,4 \times 0,0573 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 1,22874 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Untuk pipa existing  $(\lambda/D) = 0,11$

$$= 1,4 \times 0,11 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 2,35885 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Untuk  $V = 0,004166 \text{ m/det}$

$$= 1,4 \times 0,0573 \times \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 4,91498 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$= 1,4 \times 0,11 \times \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 9,43540 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Pada inlet pipa} &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 0,01532 \text{ m} \\
 &= \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 0,06127 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Pada outlet pipa} &= K \frac{v^2}{2g} \\
 &= 1.1 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 0,01685 \text{ m} \\
 &= \frac{1,0964^2}{2 \times 9,81} = 0,0674 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Pada gate valve, Tabel (4-11) :

$$\text{Untuk } V = 0,0020833 \text{ m/det} = 0,0028 \text{ m}$$

$$\text{Untuk } V = 0,004166 \text{ m/det} = 0,0110 \text{ m}$$

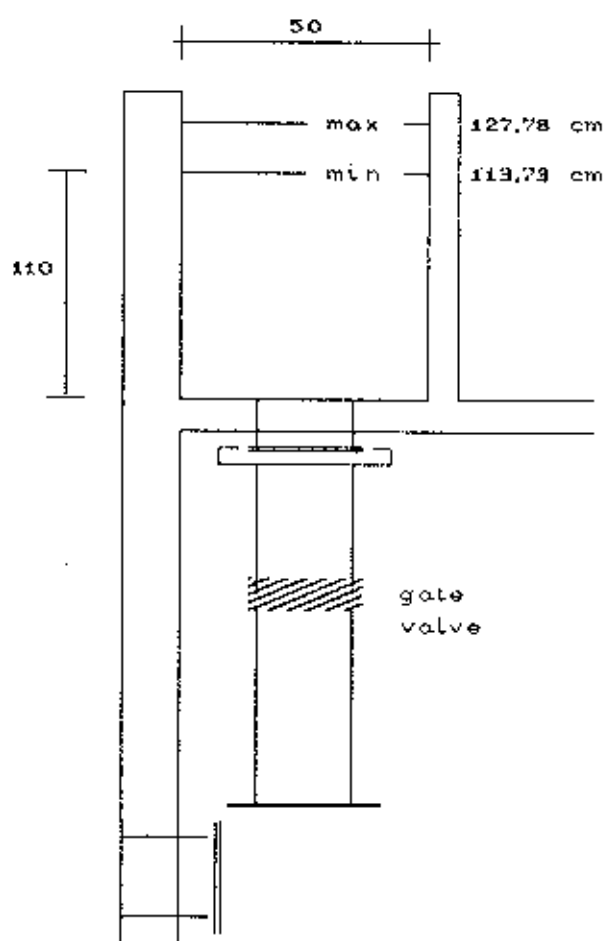
Head-loss total pada saluran inlet = head-loss pada pipa +  
head-loss pada inlet + head-loss pada outlet + head-loss  
pada valve

$$\begin{aligned}
 - \text{ Saat Dua filter beroperasi : } V &= 0,002083 \text{ m/det} \\
 &= 2,35885 \cdot 10^{-9} + 0,01532 + 0,01685 + 0,0028 = 0,0373 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Saat Satu filter beroperasi : } V &= 0,004166 \text{ m/det} \\
 &= 9,43540 \cdot 10^{-9} + 0,06127 + 0,0674 + 0,0110 = 0,2778 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ketinggian air pada saluran inlet pada saat dua filter  
beroperasi = lebih tinggi 0,0373 m dari muka air di filter  
Ketinggian air pada saluran inlet pada saat satu filter  
beroperasi = lebih tinggi 0,2778 m dari muka air di filter





#### 4.5. SISTEM PENCUCIAN

Sistem pencucian yang digunakan adalah backwash dengan menggunakan air dan udara, dimana air dan udara dialirkan melewati manifold, lateral, orifice menuju nozles dan media filter serta membawa partikel partikel yang terkumpul sepanjang media menuju saluran gutter selama 5 menit kemudian 5 menit berikutnya pencucian hanya menggunakan air. Tabel (4-12) dan Tabel (4-13).

## 1. Pencucian dengan udara dan air

- Kecepatan backwash oleh air =  $0,002083 \text{ m/det}$
- Kecepatan backwash oleh udara  $0,002083 \text{ m/det}$
- Pada awal filtrasi :
  - $C_0 = 200 \text{ mg/l}$ 
    - Head-loss =  $118,63 \text{ cm}$
    - Ketebalan media =  $232,53 \text{ cm}$
  - $C_0 = 300 \text{ mg/l}$ 
    - Head-loss =  $125,84 \text{ cm}$
    - Ketebalan media =  $223,19 \text{ cm}$
- Saat Filtrasi sudah berjalan :
  - $C_0 = 200 \text{ mg/l}$ 
    - Head-loss =  $118,74 \text{ cm}$
    - Ketebalan media =  $232,54 \text{ cm}$
  - $C_0 = 300 \text{ mg/l}$ 
    - Head-loss =  $124,72 \text{ cm}$
    - Ketebalan media =  $224,58 \text{ cm}$

## 2. Pencucian dengan air

- $V = 0,0020833 \text{ m/det}$
- $H_1 = 13,7257 \text{ m}$

## 4.5.1. Head-loss Pada Pipa

- Head loss yang terjadi pada sistem underdrain

$$V_{\text{backwash}} = V_{\text{operasi}} \text{ maka } H_1 = 0,15388 \text{ m}$$

- Head-loss yang terjadi pada sistem perpipaan antara pompa dan underdrain ( $L = 30 \text{ m}$ )

$$Hl = L \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Untuk  $V = 0,002083 \text{ m/det}$

Untuk pipa baru  $(\lambda/D) = 0,0573$

$$= 30 \times 0,0573 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 0,02632 \text{ m}$$

Untuk pipa existing  $(\lambda/D) = 0,11$

$$= 30 \times 0,11 \times \frac{0,5482^2}{2 \times 9,81} = 0,05054 \text{ m}$$

- Head-loss yang terjadi pada valve (dua buah), pada pompa dan sebagai pengatur kecepatan filtrasi.
- Saat pencucian dengan udara dan air

Saat bukaan penuh pada pompa, Tabel (4-11) = 0,0028 m

Tinggi bukaan valve sehingga head-loss pada valve 13,7285 m

$$= 6,096 \text{ cm}$$

- Saat pencucian dengan air,

$$Hl = 0,0028 + 13,7257 = 13,7285$$

- Head-loss total =  $Hl$  ( media + underdrain + panjang pipa + valve + beda tinggi antara pompa dan ketinggian gutter)

$$Hl = 125,84 + 15,388 + 5,054 + 1372,85 + 200$$

$$= 1719,132 \text{ cm} = 17,19132 \text{ m}$$

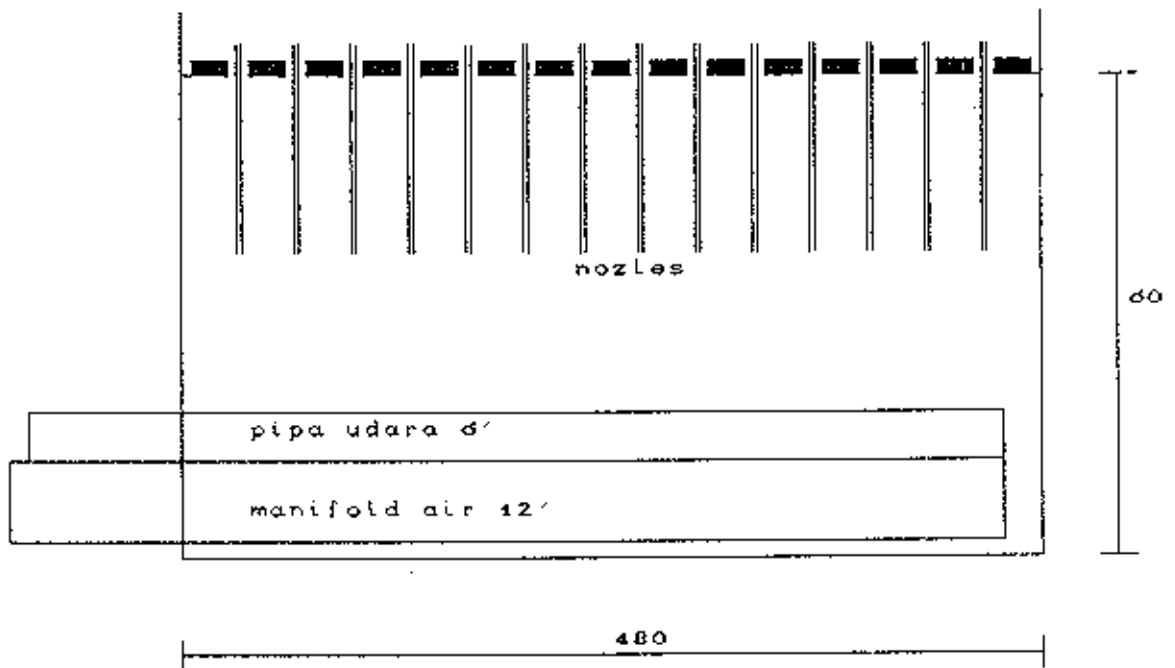
#### 4.5.2. Penggunaan Pompa

Karena head dan volume yang dibutuhkan untuk pencucian filter 17,19132 m maka jenis pompa yang digunakan adalah Pompa Sentrifugal Type ETA-N 125 x 100 - 250, dengan spesifikasi sebagai berikut : Head = 16 - 21 m

$$\text{NPSH} = 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Power yang dibutuhkan} = 9,2 \text{ KW}$$

Untuk mempermudah pengoperasian, pipa udara untuk backwash digunakan pipa manifold yang dipasang diatas pipa manifold untuk air. Besarnya pipa untuk pipa udara adalah 6 inch.







TABEL (4 - 13) : HEAD-LOSS DAN KETEBALAN MEDIA SART DILAKUKAN BACKWASH DENGAN UDARA DAN AIR  
( $C_0 = 200 \text{ MG/L}$  ;  $V = 0,002083 \text{ M/DET}$ ) SART AWAL FILTRASI

Ketebalan Media (m)	d (mm)	Porositas Media	Flow-rate (m/det)	Kecapatan Interstitial (m/det)	Re	Kr	Koreksi V.I (m/det)	Konstanta Media
0.0750	0.7913	0.3866	0.002083	0.00539	5.30404	1.00000	0.0054	0.1240
0.1000	1.0539	0.4032	0.002083	0.00517	6.77478	1.00000	0.0052	0.1036
0.1500	1.4726	0.4207	0.002083	0.00495	9.07053	1.00000	0.0050	0.0862
0.1000	1.8928	0.4399	0.002083	0.00474	11.15111	0.92114	0.0044	0.0656
0.0750	2.2167	0.4491	0.002083	0.00464	12.79212	0.88738	0.0041	0.0578
0.0141	0.7557	0.3645	0.002083	0.00571	5.37194	1.00000	0.0057	0.1597
0.1056	1.0175	0.3655	0.002083	0.00570	7.21542	1.00000	0.0057	0.1580
0.1867	1.4335	0.3714	0.002083	0.00561	10.00371	0.94876	0.0053	0.1399
0.0613	1.8576	0.3785	0.002083	0.00550	12.71777	0.88879	0.0049	0.1207
0.0322	2.1863	0.3802	0.002083	0.00548	14.90157	0.85129	0.0047	0.1134
0.05	2.5200	0.4800	0.002083	0.00434	13.60533	0.87263	0.0038	0.0427
0.05	4.4900	0.4800	0.002083	0.00434	24.24124	0.74576	0.0032	0.0365
0.05	8.8900	0.4800	0.002083	0.00434	47.99658	0.61931	0.0027	0.0303
0.05	15.5700	0.4800	0.002083	0.00434	84.06150	0.53175	0.0023	0.0260
1.10								

Kecapatan Backwash Oleh Air (m/det)	Kecapatan Backwash Oleh Udara (m/det)	Porositas Media Backwash Oleh Air	Porositas Media Backwash Oleh Udara	Porositas Total	Densitas Campuran Udara & Air	Head-Loss Saat Terekspon (m)	Ketebalan Media Terekspon (m)
0.0021	0.0021	0.2899	0.2899	0.5797	497.8450	0.0476	0.1095
0.0021	0.0021	0.3061	0.3061	0.6123	497.8450	0.0586	0.1539
0.0021	0.0021	0.3237	0.3237	0.6473	497.8450	0.0799	0.2464
0.0021	0.0021	0.3516	0.3516	0.7032	497.8450	0.0448	0.1887
0.0021	0.0021	0.3653	0.3653	0.7306	497.8450	0.0305	0.1534
0.0021	0.0021	0.2685	0.2685	0.5370	497.8450	0.0266	0.0194
0.0021	0.0021	0.2694	0.2694	0.5388	497.8450	0.1988	0.1453
0.0021	0.0021	0.2795	0.2795	0.5589	497.8450	0.3361	0.2661
0.0021	0.0021	0.2922	0.2922	0.5845	497.8450	0.1040	0.0917
0.0021	0.0021	0.2978	0.2978	0.5956	497.8450	0.0531	0.0494
0.0021	0.0021	0.4005	0.4005	0.8010	497.8450	0.0760	0.1306
0.0021	0.0021	0.4200	0.4200	0.8400	497.8450	0.0611	0.1625
0.0021	0.0021	0.4443	0.4443	0.8887	497.8450	0.0425	0.2335
0.0021	0.0021	0.4653	0.4653	0.9307	497.8450	0.0265	0.3750
						1.1863	2.3253







#### 4.6. SALURAN AIR PENCUCI (WASH WATER TROUGHS)

Didalam perencanaan wash water troughs dua hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Partikulat hasil pencucuan tidak terkumpul disaluran.
  2. Media filter tidak ikut terbawa kedalam saluran.
- Kedalaman dan lebar dari saluran, Gambar (Lamp-10) saat

$$Q_{\text{pencuci}} = (0,002083 \text{ m}^3/\text{det} \times 19,2 \text{ m}^2) \\ = 0,03999 \text{ m}^3/\text{det} = 633,92 \text{ gpm}$$

Jumlah saluran 2 buah

$$w(\text{kedalaman}) = 4,5 \text{ inch} = 11,43 \text{ cm}$$

$$b(\text{lebar}) = 12 \text{ inch} = 30,48 \text{ cm}$$

Ketinggian dari saluran diatas permukaan media, Gambar (Lamp-10) adalah :  $= (0,75L + P) < H_o < (L + P)$

$$- H_o > [(0,75 \times 90) + (11,43 + 15,24)] \\ > 94,17 \text{ cm}$$

$$H_o < 118,67 \text{ cm}$$

$$H_o = 115 \text{ cm}$$

Ketinggian total saluran dari perforated =

$$= \text{kedalaman media} + \text{ketinggian air diatas media} \\ = 110 + 115 = 225 \text{ cm}$$

- Ketinggian saluran 225 cm tidak dapat dipergunakan, karena ketinggian media saat ekspansi dapat mencapai 232,54 cm.

Ketinggian saluran yang digunakan dapat (5 - 10) cm diatas ketinggian maksimum saat ekspansi<sup>11</sup> = 242,54 cm = 245 cm

Jarak antara saluran =  $1,5 H_o < S < 2H_o$

$S > (1,5 \times 100) = 150 \text{ cm}$  dan  $S < (2 \times 100) = 200 \text{ cm}$

$S = 200 \text{ cm}$

#### 4.7. PENGOPERASIAN

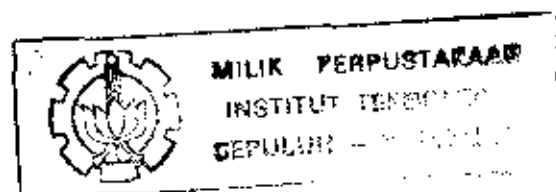
Pada awal filtrasi kedua filter dioperasikan bersama sama dengan beda waktu antara filter 1 dan 2 sebesar 8 jam. Setelah filter 1 beroperasi 24 jam, filter 2 telah beroperasi selama 16 jam. Pada waktu ini pada filter 1 ( $C_o = 200 \text{ mg/l SS}$ )  $H_l = 17,593 \text{ cm}$  dan  $C_e = 0,02453 \text{ mg/l SS}$  dilakukan backwash selama 10 menit, sehingga pada filter 2 mengalami peningkatan debit sebesar dua kali ( $80 \text{ l/det}$ ). Akibat peningkatan debit pada filter 2 yang telah beroperasi selama 16 jam, head-loss pada media filter meningkat menjadi  $40,2425 \text{ cm}$  pada awal backwash dan pada akhir backwash menjadi  $40,439 \text{ cm}$  sedangkan  $C_e = 22,54 \text{ mg/l}$ . Setelah filter 1 beroperasi kembali, filter 2 mendapat beban flow rate kembali sebesar  $40 \text{ l/det}$ . Pada saat itu head-loss pada filter 2 menjadi  $15,6559 \text{ cm}$  dan pada saat filter 2 telah beroperasi selama 24 jam (akan dilakukan backwash)  $h_l = 17,595 \text{ cm}$ ;  $C_e = 24,17 \text{ mg/l SS}$ , filter 1 telah beroperasi selama 8 jam. Pada saat filter 2 dilakukan backwash, flow rate filter 1 meningkat menjadi  $80 \text{ l/det}$  pada awal backwash  $h_l = 35,8197 \text{ cm}$ , dan pada akhir backwash  $H_l = 36,084 \text{ cm}$   $C_e = 20,81 \text{ mg/l SS}$ . Dan Pada saat filter 1 telah beroperasi 24 jam  $H_l = 17,617 \text{ cm}$ ;  $C_e = 24,17 \text{ mg/l SS}$ .

Apabila konsentrasi influent kurang dari 200 mg/l SS, maka bukaan pada valve belum mencapai 9,144 cm, apabila pengoperasian dilanjutkan hingga mencapai bukaan 9,144 cm maka akan terjadi perubahan waktu pencucian (jam dilakukannya pencucian).

Untuk konsentrasi influent lebih dari 300 mg/l SS maka bukaan pada valve telah mencapai 9,144 untuk waktu pengoperasian kurang dari 24 jam. Apabila konsentrasi effluent merupakan faktor utama dilakukannya pencucian maka pencucian dilakukan pada saat bukaan valve telah mencapai 9,144 dan pada selanjutnya akan terjadi perubahan waktu pencucian (jam dilakukannya pencucian). Apabila waktu pencucian (jam dilakukannya pencucian) merupakan faktor utama tanpa memperhatikan besarnya bukaan valve maka kualitas effluent akan berubah semakin besar (semakin jelek).

Pilihan ditekankan pada kualitas effluent, karena kualitas effluent merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada standart kualitas air bersih. Dengan demikian waktu pencucian (jam dilakukannya pencucian dapat berubah ubah tergantung pada kualitas influent yang masuk).

Untuk pengoperasian secara teoritis besarnya bukaan valve dapat langsung diatur pada saat filter akan dilakukan pencucian 30% atau 9,144 cm. Akibat dari bukaan valve sebesar 9,144 cm, pada awal filtrasi sampai waktu operasi kurang dari



24 jam ketinggian air diatas media kurang dari 109,358 cm (saat awal filtrasi =  $[109,358 - (33,278 - 28,336)] = 104,416$  cm)

Selama waktu operasi filter (0 jam - 24 jam) terjadi kenaikan head-loss pada media sebagai akibat adanya partikulat (specific deposit) yang terkumpul sepanjang permukaan media, agar flow rate yang dihasilkan selalu konstan, kenaikan head-loss ini diikuti dengan kenaikan air diatas media sampai ketinggian maksimum 109,358 cm. Tetapi pada kenyataan dilapangan untuk menjaga agar flow rate yang dihasilkan selalu tetap tidak cukup dengan kenaikan air diatas media, pengontrolan bukaan valve juga harus dilakukan setiap saat. Kondisi ini terjadi karena kualitas dari air baku yang selalu berubah ubah.

## B A B   V

### K E S I M P U L A N

---

Dalam perencanaan filter ini kualitas air yang akan diolah berasal dari Kali Bengawan Solo tahun 1990, 1991 dan 1992, yang memiliki konsentrasi Suspended Solid rata rata = 469,22727 ppm ; maksimum = 879 ppm dan minimum = 223 ppm. Sedangkan kualitas air yang akan memasuki filter dan merupakan

dasar perencanaan filter sebesar 200 ppm untuk kondisi rata rata dan 300 ppm untuk kondidi maksimum.

Pada analisa loss in acid terhadap 4 media yang dianalisa (batu bara, pasir kwarsa, batu flores dan pecahan batu), media yang memenuhi syarat adalah pasir dan batu bara. Dalam perencanaan ini media yang digunakan pasir dan batu bara, serta batu garnet sebagai media penyangga yang memiliki spesifikasi :

- Media pasir kwarsa ( $e_o = 0,39$  ;  $\psi_o = 0,94$  ;  $K_{so} = 6,4$ )
- Media batu bara ( $e_o = 0,48$  ;  $\psi_o = 0,70$  ;  $K_{so} = 8,5$ ).

Berdasarkan pada perhitungan pengaruh ketebalan media terhadap kualitas effluent dan head-loss menunjukkan nilai optimal terjadi pada ketebalan media 90 cm. Clogging untuk masing masing ketebalan media akan terjadi pada saat lama operasi 32 jam serta flow rate sebesar 0,004166 m/det.

Sedangkan untuk kemudahan dalam pengoperasian digunakan lama operasi 24 jam, yang akan menghasilkan kualitas effluent sebesar 24,53 ppm dan head-loss sebesar 17,593 cm.

Underdrain dari system yang digunakan pipe and strainer underdrainage. Jumlah dari nozzle 36.buah tiap  $1m^2$  dan diameter 30 mm. Diameter pipa manifold 12 inch, lateral 2 inch dengan jumlah 30 buah. Sedangkan untuk orifice berjumlah 240 buah dan diameter 1/2 inch. Head-loss yang terjadi pada underdrain sebesar 15,388 cm untuk flow-rate 0,002083 m/det. Dan untuk pipa udara menggunakan diameter 4 inch

Sistem pengontrolan yang digunakan adalah kontrol bukaan valve berdiameter 12 inch, yang akan menghasilkan ketinggian air diatasmedia sebesar 109,358 cm. Ketinggian air pada saluran masuk filter adalah 3,453 cm lebih tinggi dari muka air di filter.

Pencucian menggunakan air yang dikombinasikan dengan udara selama 10 menit. Dengan interval waktu pencucian filter 1 dan filter 2 adalah 16 jam dan 8 jam. Kecepatan backwash oleh air dan udara sebesar 0,002083 m/det. Head-loss maksimum saat pencucian sebesar 125,64 cm terjadi pada saat awal filtrasi dan konsentrasi influent sebesar 300 ppm, sedangkan ketebalan ekspansi maksimum terjadi pada saat awal filtrasi dan konsentrasi influent sebesar 200 ppm. Pompa yang digunakan untuk pencucian filter adalah tipe ETA-N 50 x 32 - 125, yang memiliki head 3,5 - 6,5 m.

Sebagai pembuangan air kotor saat dilakukan backwash menggunakan saluran dua buah yang diletakkan pada ketinggian 245 cm dari dasar filter (perforated)/135 cm dari permukaan media.



## BAB I

### HASIL ANALISA LABORATORIUM

---

#### 1. SETLING TEST PARTIKEL DISKRIT

Analisa setling test partikel diskrit dilakukan dengan kolom test setinggi 275 cm dan diameter 15 cm. Kolom tersebut mempunyai 5 buah port dengan interval 50 cm.

Pada analisa ini sampel air baku diambil pada saat

awal musim kemarau (14 Mei 1992), dengan kekeruhan awal 145 mg/l  $\text{SiO}_2$  dan total solid 480 ppm.

Analisa settling test partikel diskrit dimaksudkan untuk mengetahui efisiensi pengendapan partikel diskrit pada kondisi ideal, yaitu kondisi air dalam keadaan diam atau tidak mengalir.

Sampel tersebut diaduk secara merata untuk mendapatkan distribusi partikulat yang merata. Kemudian pada interval waktu tertentu sampel diambil melalui port dan dianalisa kadar zat padatnya. Persentasi removal (yang ikut effluent) diplotkan pada grafik terhadap kecepatan pengendapan yang merupakan fungsi kedalaman terhadap waktu. Kurva yang didapat merupakan prosentasi pemisahan partikel diskrit atau efisiensi pengendapan partikel diskrit.

#### 1.1. Prosedur Praktikum

1. Menutup semua katup pada kolom test.
2. Mengisi kolom test dengan sampel yang akan dianalisa sambil diaduk.
3. Membuka port no 3 sebagai ketinggian awal dari sampel.
4. Mengambil sampel pada kedalaman 100 cm dari ketinggian awal (port no 1) untuk interval waktu 0, 5, 10, 20, 40, 60 dan 80 menit setelah pengadukan selesai.
5. Mengukur sebesar 40 ml larutan sampel dari port no 1, kemudian menampung larutan tersebut dalam cawan petri

yang telah ditimbang berat awalnya.

6. Memanaskan cawan yang berisi sampel dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam sehingga tidak ada air yang tersisa.

7. Menimbang berat akhir dari cawan dan sludge yang telah kering.

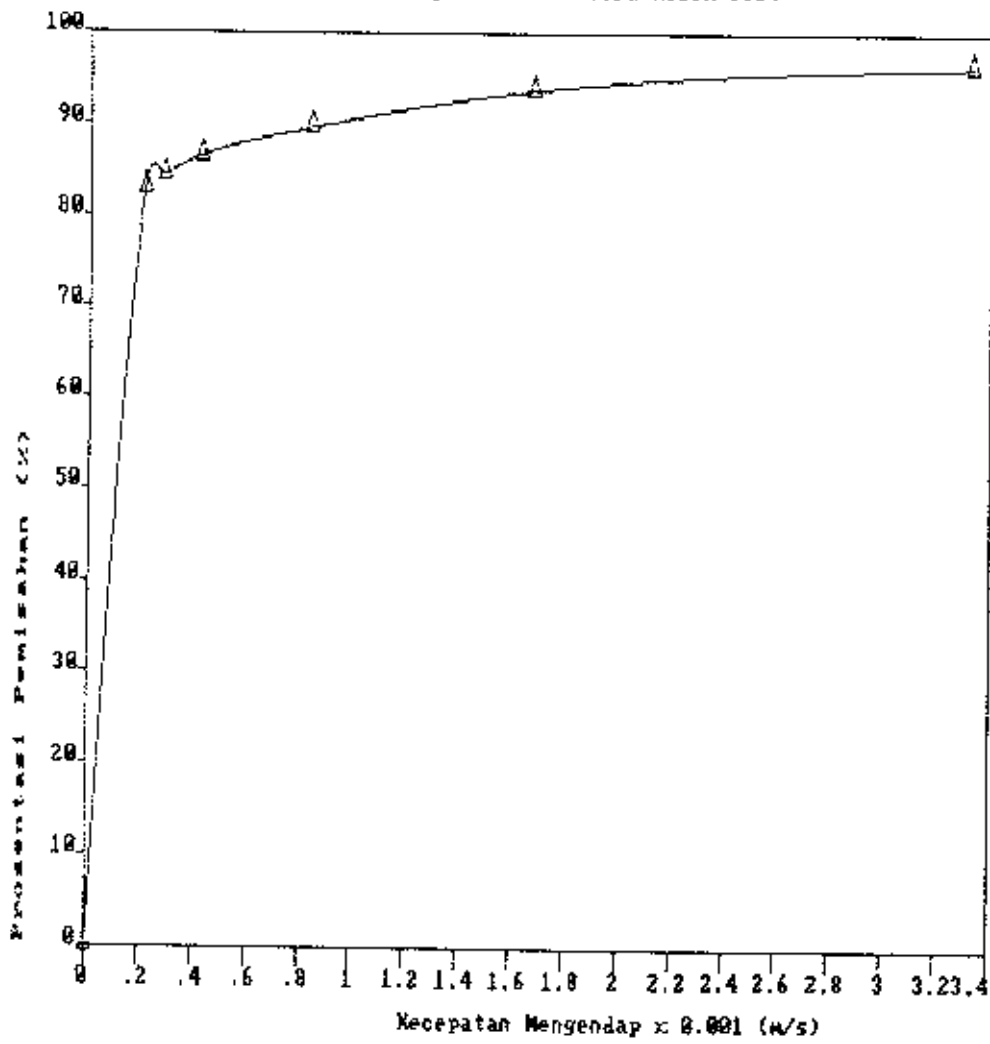
## 1.2. Hasil Analisa

t (det)	0	300	600	1200	2400	3600	4800
C (mg/l)	480	462.5	450	430	415	405	397.5
C/Co 100	100	96.35	93.75	89.58	86.46	84.38	83
$V \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	0	3.33	1.67	0.833	0.417	0.278	0.208

*Tabel (lamp - 1) : Konsentrasi Partikel Diskrit Terhadap Kecepatan Mengendap Partikel.*

Dari tabel (lamp-1) dapat digambarkan suatu kurva removal partikel diskrit, yang berguna untuk mengetahui prosentasi pemisahan partikel diskrit atau efisiensi pengendapan partikel diskrit.

Gambar (Lamp - 1) : Analisa Kolom Test



Gambar (Lamp - 1) : Kurva konsentrasi pemisahan partikel diskrit terhadap kecepatan mengendap

## 2. ANALISA SLUDGE INDEX

Analisa sludge index dilakukan untuk mengetahui konsentrasi lumpur kasar dari air baku. Konsentrasi lumpur dinyatakan dalam ml volume zat yang terendap dibagi volume sampel, sedangkan alat yang digunakan untuk analisa adalah kerucut imhoff (imhoff cone) dengan volume 1 liter.

Pada analisa ini sampel air baku diambil pada saat awal musim kemarau (7 dan 14 Mei 1992), dengan kekeruhan awal masing masing 320 dan 145 mg/l  $\text{SiO}_2$ .

Sampel tersebut diaduk secara merata untuk mendapatkan distribusi partikel yang merata. Kemudian pada interval waktu tertentu volume sampel yang mengendap dibaca.

### 2.1. Prosedur Praktikum

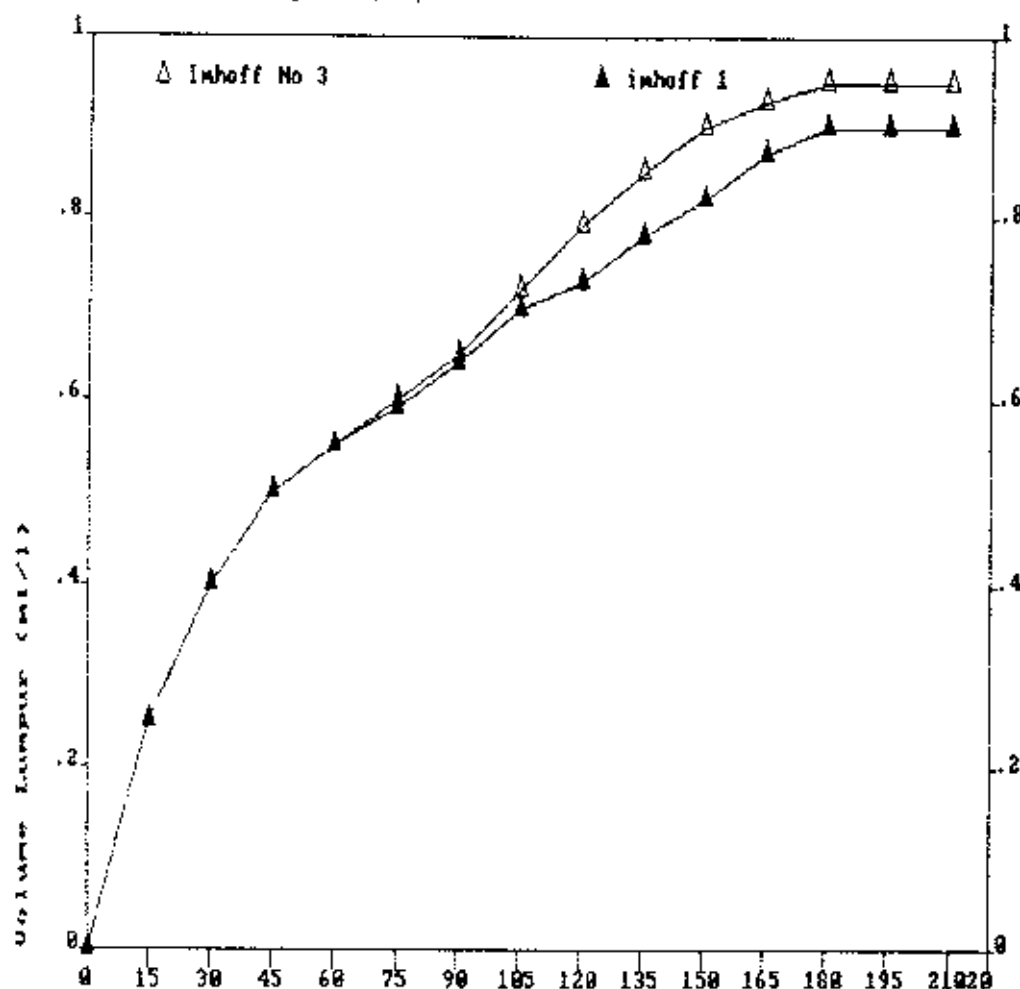
1. Menutup bagian bawah kerucut imhoff
2. Mengisi kerucut imhoff dengan sampel yang telah dikocok merata sebanyak 1 liter.
3. Membaca volume endapan dan catat jumlah zat yang mengendap sebagai ml/l setiap interval waktu 15 menit.
4. Pengukuran jumlah zat yang mengendap dilakukan hingga tidak ada penambahan volume yang berarti (konstan).
5. Pisahkan larutan dari zat yang mengendap.
6. Larutan yang telah dipisahkan dianalisa lebih lanjut dengan jar-test.

BEL (Lamp - 2) : Analisa Sludge Index Tanggal 7 Mei 1992

WAKTU (MENIT)	VOLUME LUMPUR YANG MENGENDAP (ML/L)			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
15	0.25	0.25	0.25	0.25
30	0.4	0.35	0.4	0.35
45	0.5	0.47	0.5	0.48
60	0.55	0.53	0.55	0.53
75	0.59	0.58	0.6	0.58
90	0.64	0.62	0.65	0.63
105	0.70	0.68	0.72	0.68
120	0.73	0.73	0.79	0.73
135	0.75	0.78	0.85	0.78
150	0.82	0.82	0.9	0.82
165	0.87	0.87	0.93	0.86
180	0.9	0.9	0.95	0.9
195	0.9	0.9	0.95	0.9
210	0.9	0.9	0.95	0.9

ANALISA ZAT PADAT	
1. Suhu	= 30 C
2. pH	= 8.23
3. Kekeruhan	= 320 mg/l SiO <sub>2</sub>
4. Total Solid	= 612.3 mg/l
inorganis	= 471.2 mg/l
organis	= 141.1 mg/l
Yersuspensi	= 334.8 mg/l
inorganis	= 325.5 mg/l
organis	= 9.3 mg/l
Terlarut	= 277.5 mg/l

SAMBAR (Lamp - 2) : Analisa Sludge Index

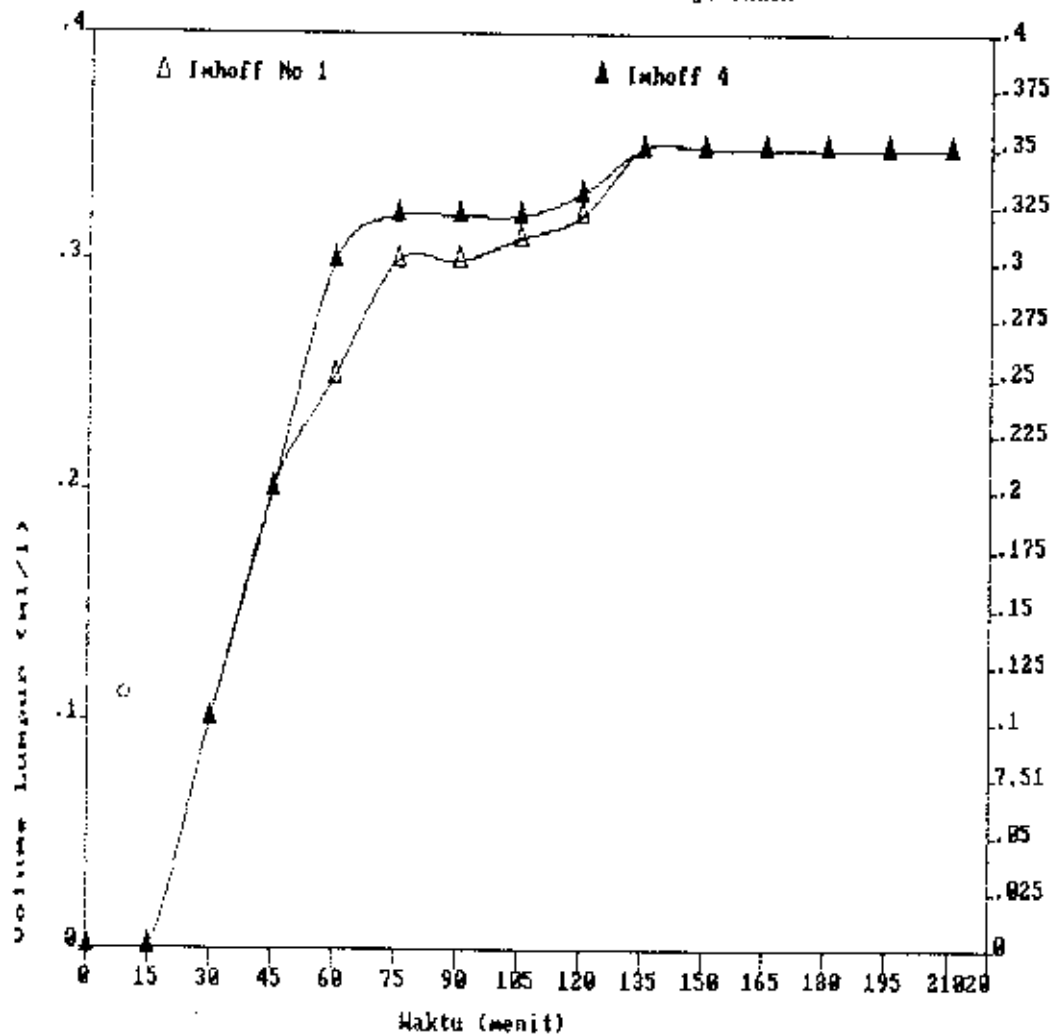


TABEL (Lamp - 3) : Analisa Sludge Index Tanggal 14 Mei 1992

WAKTU (MENIT)	VOLUME YANG MENENDAP (ML/L)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
30	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
45	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
60	0.25	0.27	0.28	0.3	0.3
75	0.3	0.3	0.3	0.31	0.32
90	0.3	0.3	0.3	0.31	0.32
105	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32
120	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33
135	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
150	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
165	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
180	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
195	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
210	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

ANALISA ZAT PADAT	
1. Suhu	= 30 C
2. pH	= 8.79
3. Kekeruhan	= 145 ag/l SiO <sub>2</sub>
4. Total Solid	= 480 mg/l
inorganis	= 372.5 ag/l
organis	= 107.5 ag/l
Tersuspensi	= 166 ag/l
inorganis	= 146.5 ag/l
organis	= 9.5 ag/l
Tertarut	= 314 ag/l

GAMBAR (Lamp - 3) : Analisa Sludge Index



### 3. ANALISA JAR-TEST

Analisa jar-test dilakukan untuk mengetahui dosis koagulan, sehingga pada dosis koagulan optimum dihasilkan tingkat kekeruhan yang rendah dan floc yang terbentuk mempunyai ukuran yang relatif besar dan dapat mengendap secara gravitasi dalam waktu yang pendek. Koagulan yang dipakai adalah Alum Sulfat (tawas).

Pada analisa ini sampel air baku diambil pada saat awal musim kemarau (7 dan 14 Mei 1992), dan analisa juga dilakukan untuk sampel air baku yang telah dianalisa sludge index (larutan).

Suatu suspensi dapat dianggap stabil bila :

1. Partikel partikel yang ada terlalu ringan untuk mengendap dalam waktu yang pendek.
2. Partikel partikel tersebut tidak dapat menyatu, bergabung dan menjadi partikel yang lebih besar dan berat karena muatan elektrik pada permukaan partikel partikel adalah setanda (biasanya bermuatan negatif), sehingga ada repulsi elektrostatis antara partikel satu dengan yang lainnya.

Dengan pembubuhan koagulan maka kestabilan akan terganggu karena :

1. Sebagian tawas terlarut dalam air, molekul molekul ini dapat menempel pada permukaan partikulat



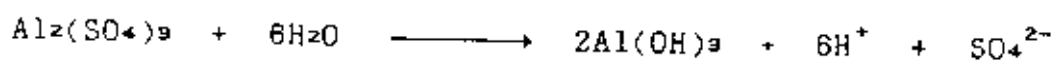
(koloid) dan mengubah muatan elektrisnya karena sebagian molekul Al bermuatan positif sedangkan partikel partikel biasanya bermuatan negatif (pada pH 5-8).

2. Sebagian tawas tidak terlarut dan akan mengendap sebagai flok  $\text{Al(OH)}_3$  yang dapat mengurung partikel partikel (partikulat) dan membawanya ke bawah

Proses koagulasi-flokulasi terdiri dari tiga langkah :

1. Pelarutan koagulan melalui pengadukan cepat (1 menit; 100 rpm), untuk mendistribusikan koagulan kesetiap bagian.
2. Pengadukan lambat untuk membentuk flok flok (15 menit; 20 rpm). Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.
3. Penghapusan flok flok dengan partikel partikel yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi (30 menit; 0 rpm).

Hidrolisa atom Al dalam air menurut reaksi sebagai berikut:



Reaksi diatas menyebabkan pembebasan ion  $\text{H}^+$ , sehingga pH larutan berkurang. Akibat pengasaman ini, maka proses koagulasi flokulasi tidak dapat berlangsung dengan baik dalam air yang mengandung kadar Al yang tinggi, karena pH terlalu rendah sedangkan untuk membentuk  $\text{Al(OH)}_3$  dibutuhkan pH 6 sampai 8.

Oleh sebab itu pada analisa jar-test perlu diketahui pH yang terjadi karena penambahan koagulan tersebut.

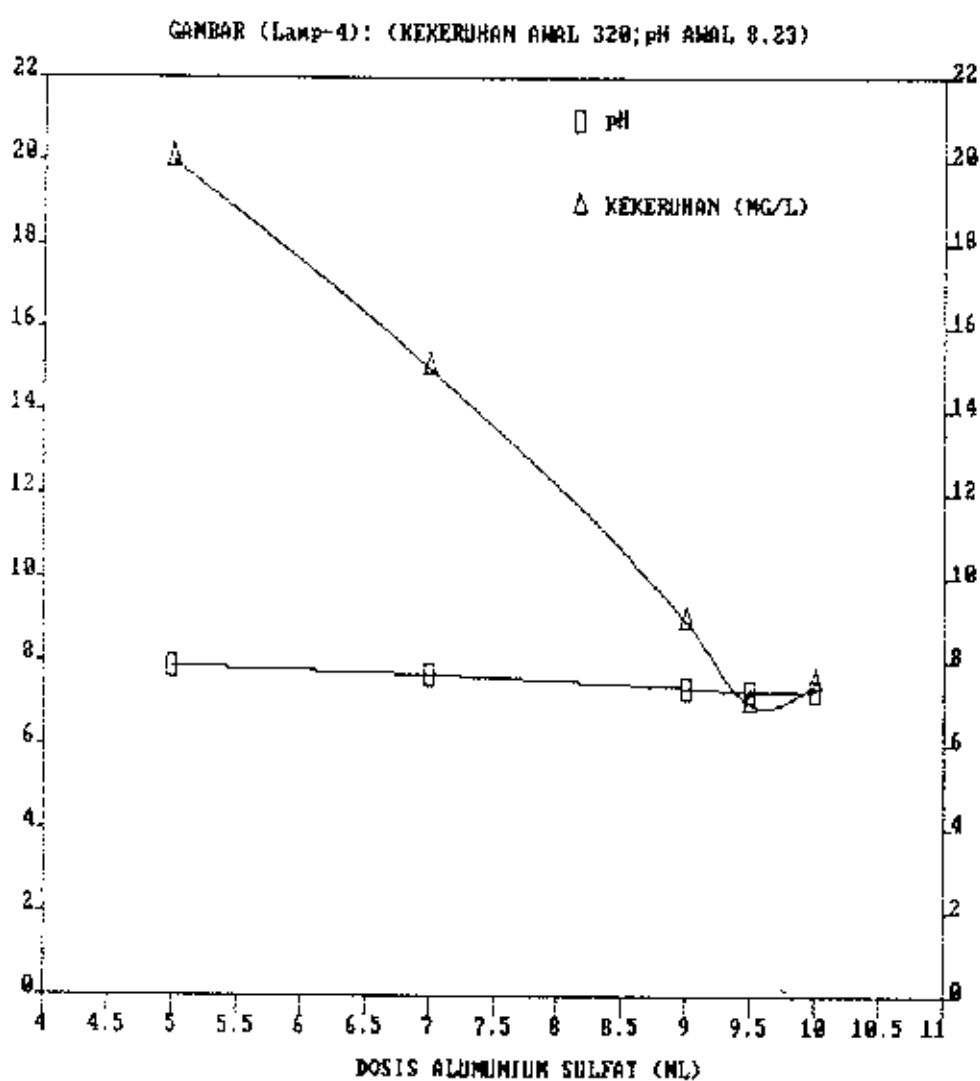
### 3.1. Prosedur Praktikum

1. Mengisi 5 beker glass dengan sampel sebanyak masing masing 1 liter.
2. Tambahkan untuk masing masing beker glass dengan Alum 1000 ppm.
3. Lakukan pengadukan cepat 100 rpm, selama 1 menit
4. Lanjutkan dengan pengadukan lambat selama 15 menit, pada kecepatan 20 rpm.
5. Diamkan selama 30 menit
6. Analisa kekeruhan untuk masing masing penambahan alum

### 3.2. Hasil Analisa

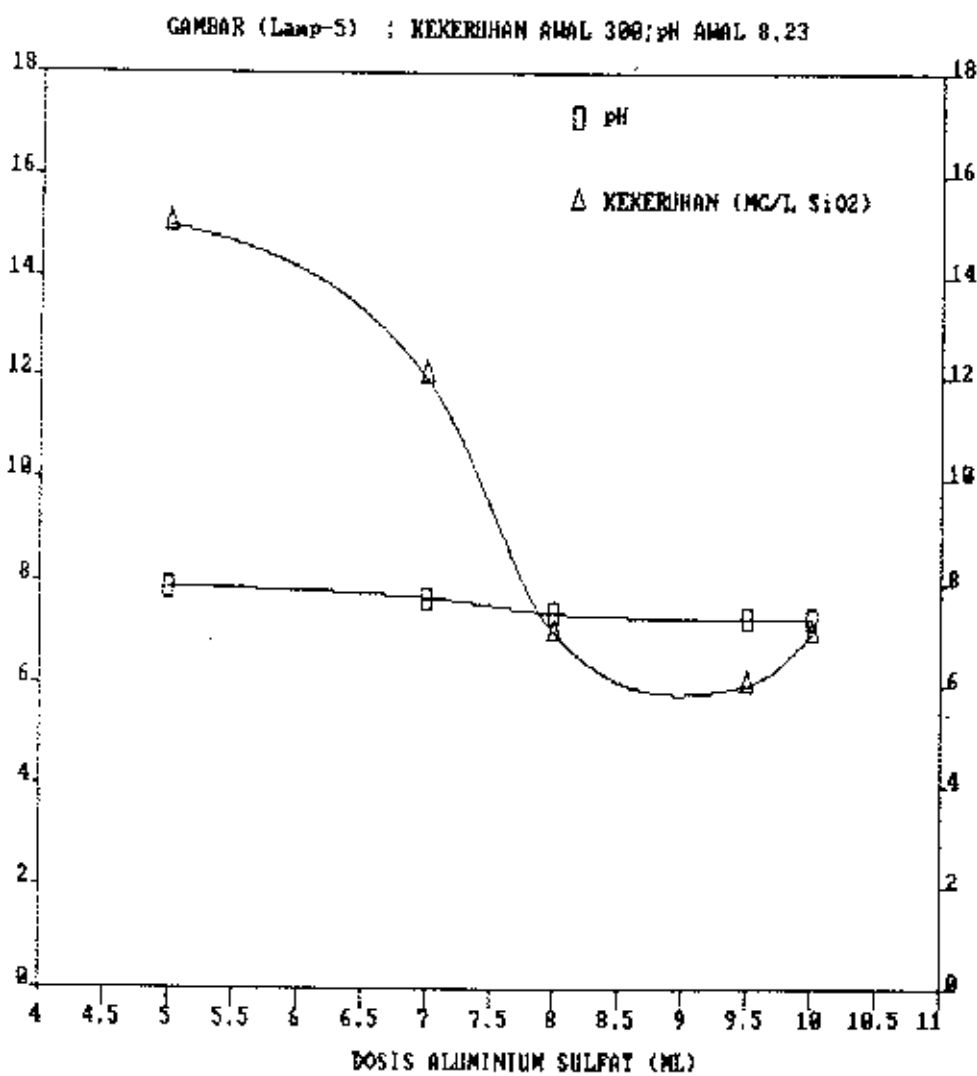
TABEL (Lamp - 4) : Analisa Jar-Test Tanggal 7 Mei 1992 (Sebelum Dilakukan Sludge Index)

Dosis Aluminium Sulfat ( ml )	Kekeruhan (mg/l SiO <sub>2</sub> )	pH
5	20	7.9
7	15	7.7
9	9	7.4
9.5	7	7.3
10	7.5	7.3



Tabel (Lamp - 5) : Analisa Jar-Test Tanggal 7 Mei 1992 (setelah dilakukan analisa Sludge Index)

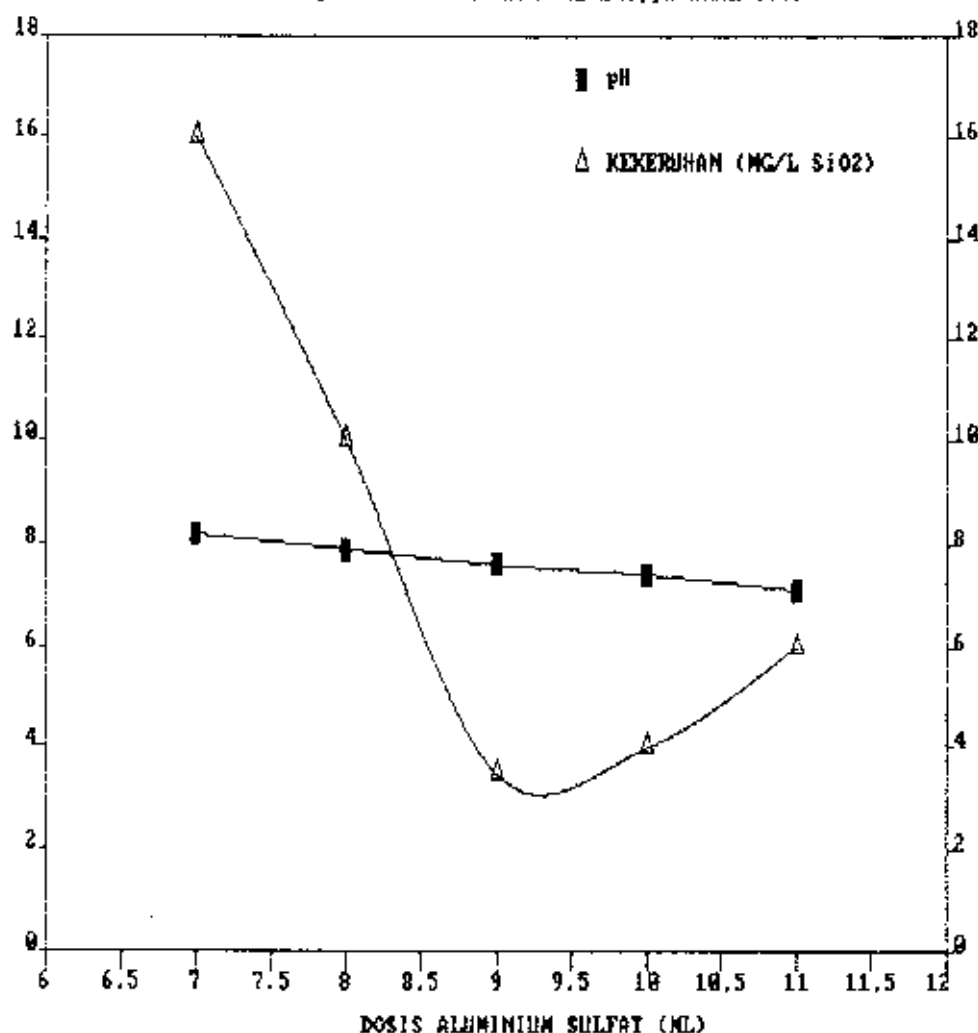
Dosis Aluminium Sulfat [ ml ]	Kekeruhan [mg/l SiO <sub>2</sub> ]	pH
5	15	7.9
7	12	7.7
8	7	7.4
9.5	6	7.3
10	7	7.3



Tabel (Lamp - 5) : Analisa Jar-Test tanggal 14 Mei 1992 (sebelum dilakukan analisa Sludge Index)

Dosis Aluminium Sulfat ( ml )	Kekeruhan (mg/l SiO <sub>2</sub> )	pH
7	16	8.2
8	10	7.9
9	3.5	7.6
10	4	7.4
11	6	7.1

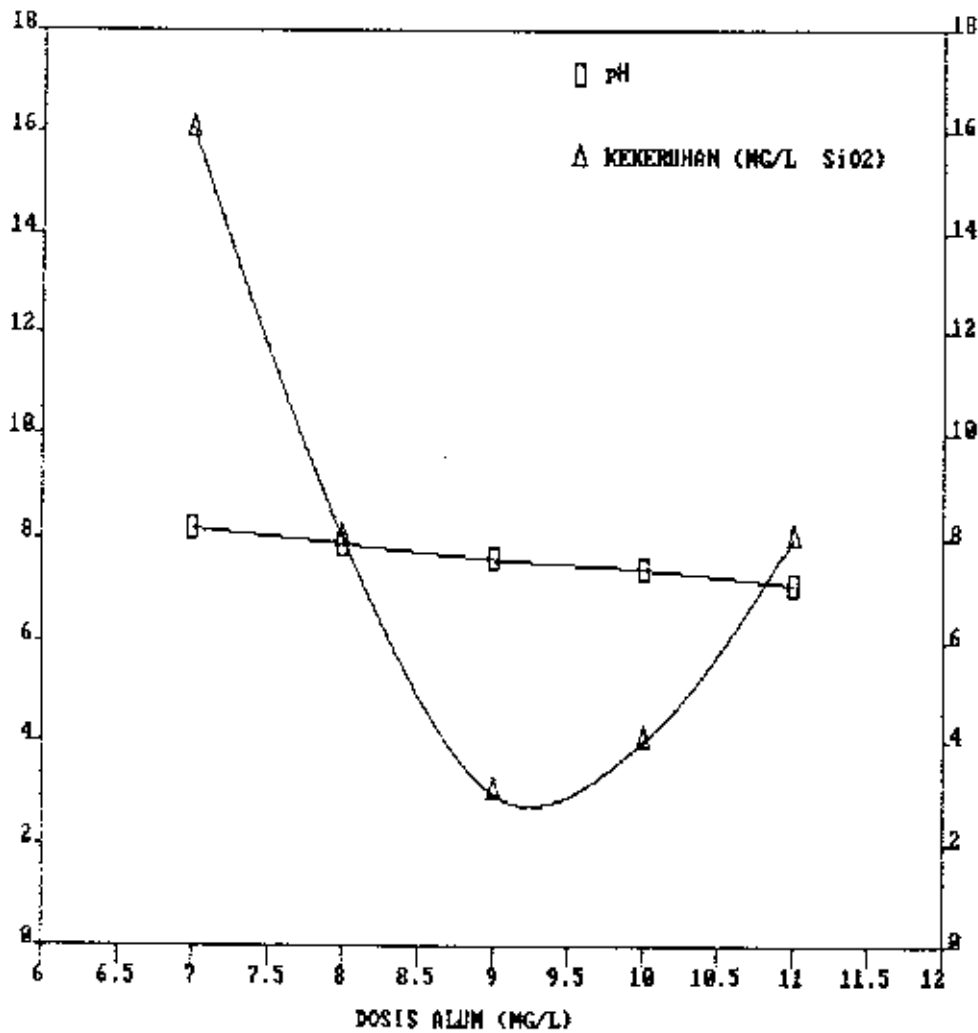
GAMBAR (Lamp-6) : KEKERUHAN AWAL 145; pH AWAL 8.79



Tabel (Lamp - 7) : Analisa Jar-Test tanggal 14 Mei 1992 (Setelah Dilakukan Sludge Index)

Dosis Aluminium Sulfat ( ml )	Kekeruhan (mg/l SiO <sub>2</sub> )	pH
7	16	8.2
8	8	7.9
9	3	7.6
10	4	7.4
11	8	7.1

GAMBAR (Lamp-7) : KEKERUHAN AMAL 140; pH AMAL 8.79



#### 4. Analisa Butiran/Media

##### 4.1 Loss in Acid

Analisa kehilangan/pengurangan media akibat pengaruh asam (loss in acid) dilakukan untuk mengetahui ketahanan media yang akan digunakan pada filter terhadap adanya asam.

Pada analisa ini masing masing media yang akan digunakan dikontakkan/direndam dalam larutan Hidrocloric Acid Solution (HCl) 20% selama 24 jam. Media yang baik dan dapat digunakan sebagai media filter apabila berkurangnya berat akibat asam tidak kurang dari 2%

##### 4.1.1. Prosedur Praktikum

1. Bersihkan masing masing media dari kotoran kotoran yang menempel, panaskan selama 24 jam pada suhu 105°C/ 120°C selama 4 jam hingga media kering.
2. Timbang masing masing media sebanyak 50 gram, masukkan dalam tabung/botol BOD isi dengan hidrocloric acid solution hinggasesua media terendam ( $\pm$  75 ml), biarkan selama 24 jam.
3. Setelah 24 jam ambil media dan cuci dengan air bersih, keringkan selama 24 jam dan timbang

## 4.1.2. Hasil Analisa

1 (lamp - 8) : Analisa Loss in Acid Pada Media

Berat Awal Media (gr)	JENIS MEDIA							
	Pasir Kwarsa		Batu Bara		Batu Flores		Pecahan Batu	
	Berat Akhir	Loss in acid	Berat Akhir	Loss in acid	Berat Akhir	Loss in acid	Berat Akhir	Loss in acid
50	49,18	1,64	49,71	0,56	48,40	3,2	47,95	4,1
50	49,22	1,56	49,69	0,62	48,75	2,5	48,24	3,52
Rata-rata	49,20	1,60	49,70	0,60	48,625	2,75	48,095	3,81

## 4.2. Densitas Media

## 4.2.1. Prosedur Praktikum

1. Bersihkan masing masing media dari kotoran kotoran yang menempel, panaskan selama 24 jam pada suhu 105°C/ 120°C selama 4 jam hingga media kering.
2. Timbang masing masing media sebanyak 50 gram, masukkan kedalam gelas ukur.
3. Tambahkan aquadest 100 ml kedalam gelas ukur
4. Baca volume air + media pada gelas ukur

$$\rho_{\text{media}} = \frac{50}{V - 100} \dots\dots \text{g/ml}$$



#### 4.2.2. Hasil Analisa

TABEL (Lamp - 9) : Densitas Media

Media		Volume Air		Densitas (g/ml)
Jenis Media	Berat Media (g)	Sebelum Penambahan	Setelah Penambahan	$50/(V - 100)$
Pasir Kwarsa	50	100	119,8	2,53
Batu Bara	50	100	140	1,25
Batu Flores	50	100	126	1,92
Pecahan Batu	50	100	123,5	2,13

#### 4.3. Distribusi Media

Untuk memenuhi kebutuhan media filter yang diinginkan diperlukan analisa media berbutir dengan menggunakan analisa ayakan. Pada analisa ini dilakukan pengukuran terhadap diameter butir pasir kwarsa (media alam) dan % distribusi tiap diameter pasir yang tersedia. Sedangkan pada batu bara dan batu flores tidak dilakukan, karena merupakan hasil pemecahan dari media yang ada.

##### 4.2.1. Prosedur Praktikum

1. Bersihkan masing masing media dari kotoran kotoran yang menempel, panaskan selama 24 jam pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$ / $120^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam hingga media kering.

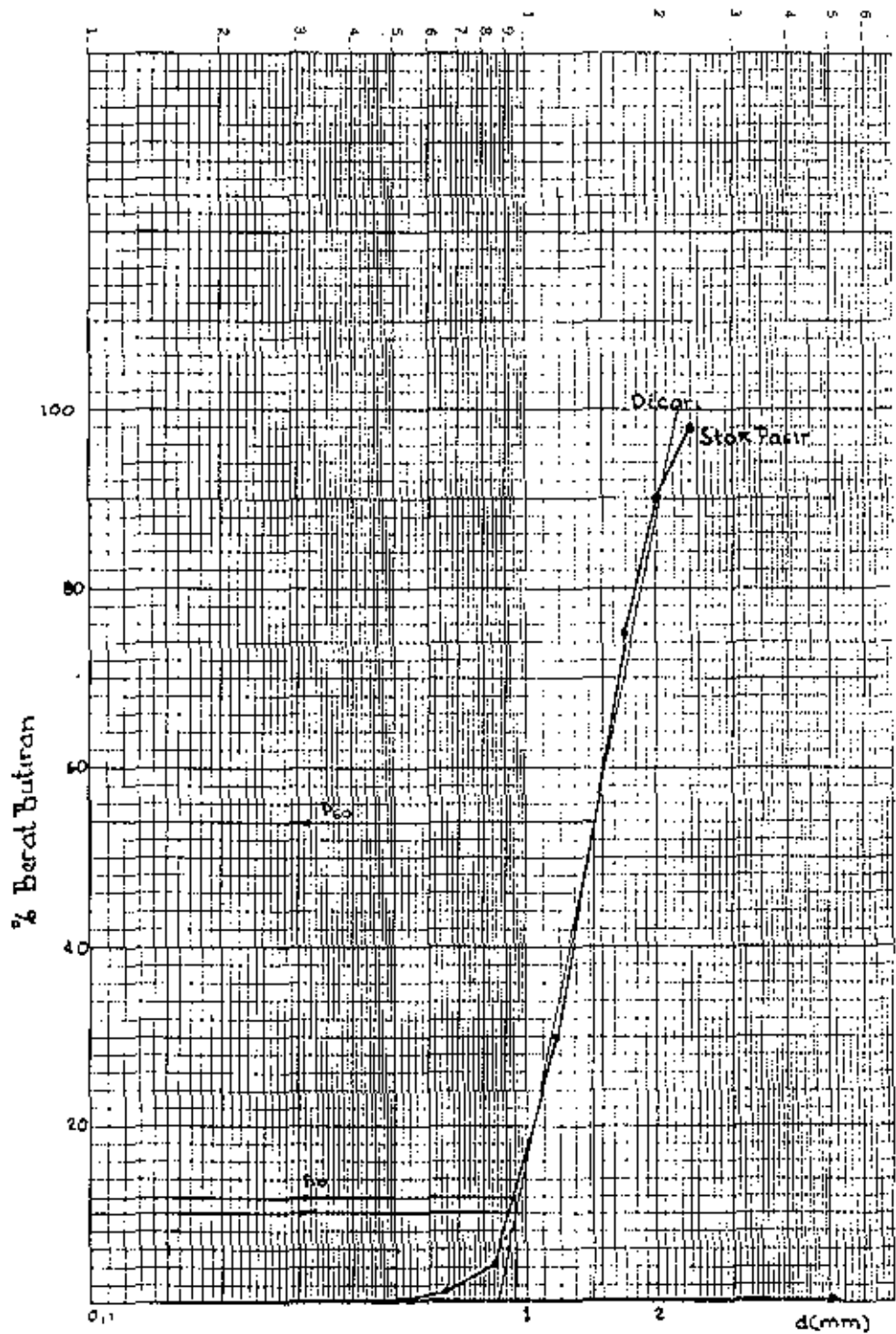
2. Timbang pasir kwarsa sebanyak 100 gram, masukkan dalam ayakan mekanik (sieve analisis):
3. Operasikan alat selama 30 menit
4. Keluarkan pasir kwarsa dari setiap saringan, lalu timbang.
5. Persen berat dari setiap diameter, yaitu berat dalam tiap saringan dibagi berat total x 100%, diplotkan dalam grafik sieve analisis

#### 4.3.2. Hasil Analisa

TABEL (Lamp - 10) : Distribusi Media Pada Analisa Ayakan

U.S.A Sieve ASTM E 11 - 70		Geometric Mean (mm)	Berat Tertahan		Berat Lolos	
Nominal Mesh Size (mm)	No		gram	Kumulatif	gram	%
2,36	8	2,17	2,12	2,12	97,88	97,88
2,00	10	1,84	7,81	9,93	90,07	90,07
1,70	12	1,42	14,86	24,79	75,21	75,21
1,18	16	1,00	45,24	70,03	29,97	29,97
0,85	20	0,74	25,60	95,63	4,37	4,37
0,65	30		3,42	99,05	0,95	0,95
			0,95	100,00		

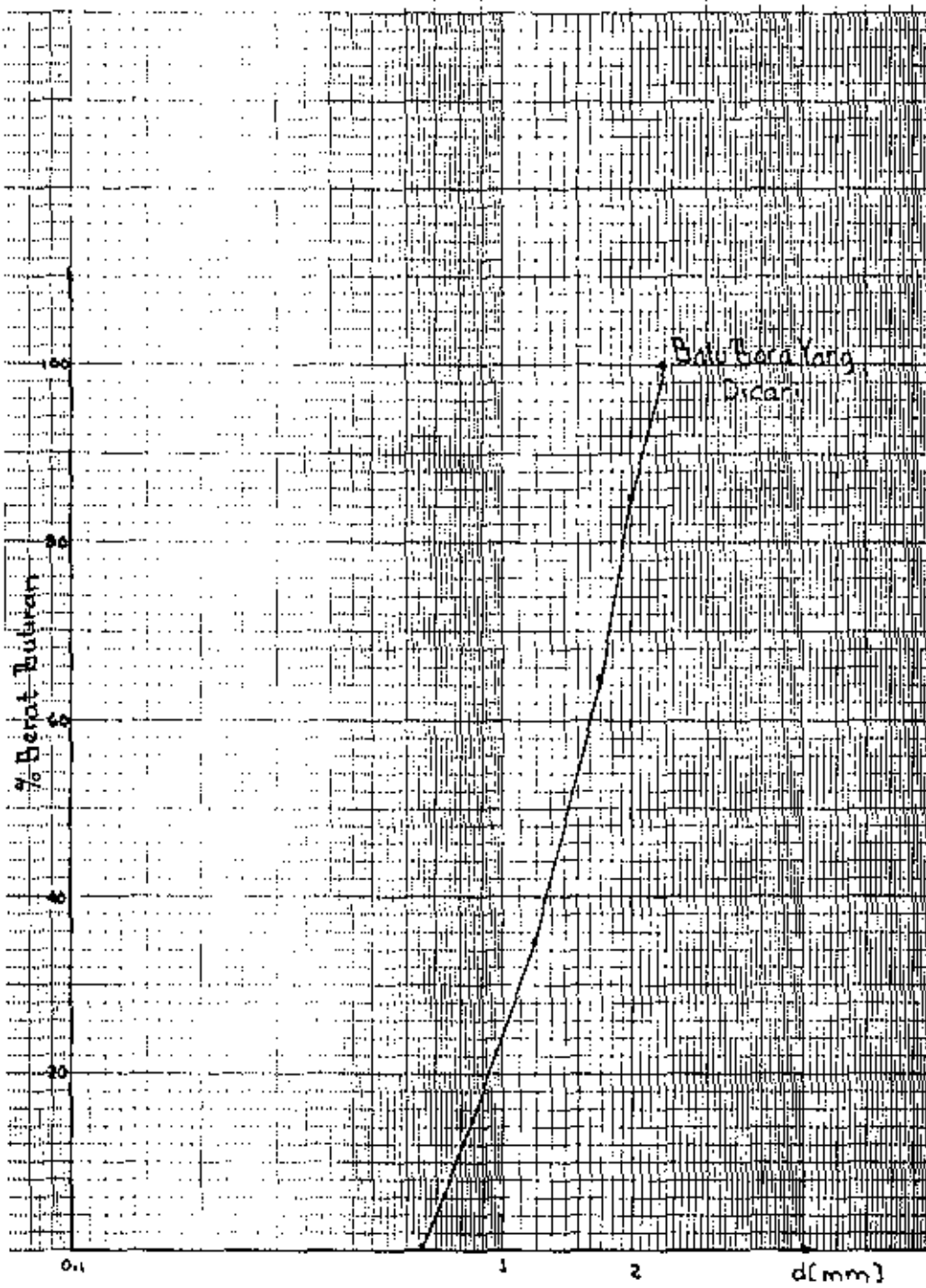
K·E SEMI-LOGARITHMIC 4 CYCLES X 70 DIVISIONS  
KEUFFEL & ESSER CO. MADE IN U.S.A.



Gambar : Grafik Distribusi Pasir Kwarsa

46 6013

Gambar : Grafik Media Batu Bara Yang dicari



Gambar : Grafik Media Batu Bara Yang dicari

- Pasir kwarsa :

$$ES = 0,95 \text{ mm dan } U_c = 1,5$$

Dari grafik distribusi pasir  $P_{10} = 0,95 \text{ mm}$  diperoleh 12 %

$$P_{\infty} = 0,95 \times 1,5 = 1,425 \text{ mm diperoleh } 54\%$$

$$P_{usable} = 2 (P_{\infty} - P_{10})$$

$$= 2 (54 - 12) = 84\% \text{ (dari grafik } = 1,8 \text{ mm)}$$

$$P_{too \text{ fine}} = P_{10} - 0,1 P_{usable}$$

$$= 12 - 8,4 = 3,6\% \text{ (dari grafik } = 0,76 \text{ mm)}$$

$$P_{too \text{ coarse}} = P_{usable} - P_{too \text{ fine}}$$

$$= 84\% + 3,6\% = 87,6\% \text{ (dari grafik } = 2 \text{ mm).}$$

Pada prakteknya di lapangan kita menggunakan ayakan

$$\text{no } 8 = 2,36 \text{ mm dan } 30 = 0,65 \text{ mm.}$$

## 2. Batu Bara

Batu bara merupakan batuan yang besar, untuk dapat digunakan sebagai media filter perlu dilakukan pemecahan. Karena pemecahan dapat berlainan (tergantung dari alat dan power yang digunakan) sehingga grafik stok batu bara berbeda beda. Untuk lebih mudahnya maka diameter batu bara yang dibutuhkan ditentukan terlebih dahulu. Kemudian dilakukan ayakan untuk mendapatkan diameter yang diinginkan.

$$P_{too \text{ fine}} = 0,65 \text{ mm}$$

$$P_{too \text{ coarse}} = 2,36 \text{ mm}$$

TABEL (Lamp - 1i) : Nilai Koefisien Kekasaran ( $\lambda/D$ ) Pada Pipa

Diameter Pipa ( m )	Koefisien ( $\lambda/D$ ) Pada Pipa Dengan Nilai k			
	k = 0,1 mm	k = 0,5 mm	k = 1,0 mm	k = 2,0 mm
0,030	1,02	1,54	2,00	2,71
0,040	0,700	1,04	1,34	1,80
0,050	0,528	0,78	0,985	1,30
0,070	0,350	0,500	0,615	0,80
0,080	0,290	0,413	0,512	0,660
0,100	0,222	0,310	0,380	0,490
0,125	0,168	0,232	0,284	0,360
0,150	0,133	0,182	0,223	0,280
0,175	0,110	0,150	0,180	0,229
0,200	0,0905	0,128	0,153	0,190
0,225	0,0813	0,110	0,129	0,162
0,250	0,0710	0,096	0,114	0,141
0,300	0,0573	0,076	0,090	0,110
0,350	0,0475	0,0625	0,0735	0,0900
0,400	0,0400	0,0530	0,0625	0,0758
0,450	0,0351	0,0460	0,0538	0,0650
0,500	0,0308	0,040	0,047	0,0566
0,600	0,0245	0,0322	0,0371	0,0477
0,700	0,0206	0,0266	0,0307	0,0368
0,800	0,0175	0,0225	0,0260	0,0310
0,900	0,0151	0,0194	0,0225	0,0267
1,000	0,0134	0,0170	0,0197	0,0234
1,250	0,0102	0,0130	0,0150	0,0177
1,500	0,00827	0,0104	0,0120	0,0140
1,750	0,00686	0,00857	0,0098	0,0116
2,000	0,00586	0,00735	0,0084	0,00980
2,500	0,00453	0,0056	0,0064	0,00745
Range of speed with good approximation	1 to 3 m/s	1 to 3 m/s	$\geq 1$ m/s	$\geq 0,5$ m/s

TABEL (Lamp - 12) : Koefisien Kekasaran Pada Dinding Saluran

Jenis Dinding		Ks
Dinding sangat halus (smooth cement rendering, planed wood)	0,06	100
Dinding dengan lapisan semen biasa	--	90
Dinding halus (bricks, freestone, plain concrete)	0,16	70 - 80
Dinding kasar (rough stone)	0,46	60 - 70
Dinding campuran (trimmed or stoned pitched slope)	0,85	50 - 60
Saluran dengan dinding tanah (ordinary slope)	1,30	40
Saluran dengan dinding tanah, dasar batu kerikil dan sisinya - terdapat rumput	1,75	25 - 35

Tabel (Lamp - 13) : Standart Kualitas Air Bersih  
Permenkes R.I. 416/Menkes/Per/IX/1990

No.	PARAMETER	SATUAN	HASIL	BATAS MAKS AIR BERSIH PERMENKES RI 416 / MENKES / PER / IX / 1990	KETERANGAN
<b>A. FISIKA</b>					
1.	Bau	-	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	-	-	1.500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	-	25	-
4.	Rasa	-	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	-	suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
6.	Warna	Skala TCU	-	50	-
<b>B. KIMIAWI</b>					
1.	Air Raksa	mg/L	-	0,001	sebagai $\text{CaCO}_3$
2.	Arsen	mg/L	-	0,05	
3.	Besi	mg/L	-	1,0	
4.	Fluorida	mg/L	-	1,5	
5.	Kadmium	mg/L	-	0,005	
6.	Kesadahan	mg/L	-	500,0	sebagai N
7.	Khlorida	mg/L	-	600,0	
8.	Kromium Valensi 6	mg/l	-	0,05	
9.	Mangan	mg/L	-	0,5	
10.	Nitrat	mg/L	-	10,0	
11.	Nitrit	mg/L	-	1,0	sebagai N
12.	pH	-	-	6,5 - 9,0	
13.	Selenium	mg/L	-	0,01	
14.	Seng	mg/L	-	15,0	
15.	Sianida	mg/L	-	0,1	
16.	Sulfat	mg/L	-	400,0	
17.	Timbal	mg/L	-	0,05	
18.	Deterjen	mg/L	-	0,5	
19.	Zat organik	mg/L	-	10,0	



## B A B II

---

HASIL PERHITUNGAN MEDIA FILTER

TABEL (Perhitungan - 1) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KETEBALAN MEDIA 80Cm DAN  $\nu = 0,0020833$  M/DET

Jenis Media	Co	Ce	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Spersitas	Porositas (mean) (mm)
Batu bara	0.2	0.024999	0.8	2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
Pasir Kwarsa				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss Car-Koz (m)	Head-Loss Rose (m)
0.1500	0.0675	1.34838	59.59724	17.79915	0.016084	0.020534
0.2000	0.0900	1.81677	44.68345	13.21029	0.011933	0.015081
0.3000	0.1350	2.56928	32.10864	10.50230	0.009095	0.012717
0.4000	0.0900	3.34493	25.06885	8.96477	0.003636	0.005559
0.1500	0.0675	3.94112	21.54133	8.12456	0.001989	0.003207
0.0342	0.0123	1.81068	52.28349	13.25469	0.004204	0.004780
0.2560	0.0924	2.43966	39.25529	10.83364	0.017536	0.021706
0.4524	0.1634	3.45018	28.27033	8.79967	0.015781	0.022032
0.1486	0.0537	4.49177	22.12060	7.51141	0.003116	0.004745
0.0781	0.0282	5.29236	19.03907	5.80741	0.001196	0.001918
	0.8				0.084570	0.112279

[illegible]

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow: (Tiap- Lapisan)- (kg/m3)
8.22006	0.72992	0.43331	1.44962	16.55611	60.38898	0.02246	0.02675	2.31920	0.17102
8.26878	0.72562	0.44082	1.93197	12.46153	45.16521	0.01575	0.01881	2.36828	0.13819
8.32009	0.72115	0.44899	2.70073	10.19255	32.35319	0.01129	0.01534	2.41980	0.09968
8.37571	0.71636	0.45817	3.47177	8.76681	25.16015	0.00421	0.00631	2.47545	0.07977
8.40255	0.71407	0.46272	4.06541	7.97460	21.57372	0.00223	0.00353	2.50225	0.06737
6.33879	0.94655	0.37550	1.84042	13.04049	52.64837	0.00478	0.00538	2.49895	0.06533
6.34077	0.94626	0.37596	2.47822	10.73219	39.52146	0.01985	0.02451	2.50224	0.05184
6.35371	0.94433	0.37896	3.49079	8.73811	28.43622	0.01741	0.02426	2.52358	0.03432
6.36997	0.94192	0.38278	4.52187	7.48136	22.22451	0.00333	0.00506	2.55027	0.02993
6.37393	0.94133	0.38372	5.32129	6.78518	19.12212	0.00127	0.00203	2.55676	0.02785
						0.10256	0.13198		

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
57600	0.16782	0.06226	0.04188	0.03113	0.77443	0.95461	1.65610	5.67657	0.07359
57600	0.13281	0.05224	0.03485	0.03490	1.03640	0.96272	3.03202	4.24885	0.10068
57600	0.09351	0.04134	0.02734	0.03872	1.45505	0.97117	6.11719	3.03076	0.14474
57600	0.07400	0.02911	0.01906	0.03515	1.87906	0.96021	10.46472	2.34964	0.19190
57600	0.06209	0.02304	0.01502	0.03263	2.20519	0.98453	14.59160	2.00300	0.22814
57600	0.06013	0.01933	0.01256	0.00934	0.75264	0.98712	1.71249	5.18460	0.07149
57600	0.04729	0.01872	0.01216	0.01218	1.01368	0.98754	3.11019	3.84959	0.09645
57600	0.03093	0.01472	0.00953	0.01350	1.42983	0.99028	6.23761	2.72964	0.13748
57600	0.02690	0.00963	0.00621	0.01145	1.85536	0.99371	10.60888	2.10393	0.18079
57600	0.02500	0.00837	0.00540	0.01173	2.18429	0.99454	14.74000	1.78715	0.21354

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesifisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
8.11421	0.73944	0.41774	1.48401	16.17243	60.60327	0.02524	0.02955	2.21192	0.17226
8.18313	0.73322	0.42776	1.96929	12.31929	45.33719	0.01737	0.02057	2.28187	0.14028
8.25491	0.72684	0.43866	2.74074	10.10303	32.47219	0.01220	0.01644	2.35432	0.10209
8.33178	0.72013	0.45089	3.50675	8.71423	25.23788	0.00445	0.00662	2.43150	0.08202
8.36852	0.71697	0.45696	4.09730	7.93731	21.63028	0.00233	0.00367	2.46827	0.06943
6.31757	0.94973	0.37067	1.85241	12.95607	52.71016	0.00498	0.00560	2.46376	0.06735
6.32027	0.94933	0.37128	2.49383	10.69183	39.56647	0.02066	0.02551	2.46826	0.05361
6.33781	0.94670	0.37528	3.50790	8.71251	28.46341	0.01796	0.02502	2.49735	0.03565
6.35975	0.94343	0.38037	4.53617	7.46720	22.23954	0.00340	0.00516	2.53351	0.03112
6.36508	0.94264	0.38163	5.33588	6.77404	19.13346	0.00129	0.00206	2.54226	0.02897
						0.10986	0.14021		

LAMA FILTRASI 20 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(O/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16782	0.07782	0.05305	0.03943	0.78273	0.94132	1.63304	5.59753	0.07185
72000	0.13281	0.06530	0.04404	0.04410	1.04560	0.95208	2.99852	4.20191	0.09869
72000	0.09351	0.05168	0.03446	0.04881	1.46514	0.96317	6.06679	3.00579	0.14250
72000	0.07400	0.03638	0.02397	0.04419	1.88810	0.97489	10.40789	2.33688	0.18983
72000	0.06209	0.02879	0.01885	0.04096	2.21352	0.98043	14.53087	1.99466	0.22621
72000	0.06013	0.02416	0.01576	0.01172	0.75502	0.98374	1.70662	5.16685	0.07081
72000	0.04729	0.02340	0.01526	0.01528	1.01678	0.98428	3.09991	3.83686	0.09555
72000	0.03093	0.01840	0.01195	0.01693	1.43326	0.98776	6.22172	2.72269	0.13648
72000	0.02690	0.01203	0.00778	0.01434	1.85825	0.99210	10.59167	2.10051	0.17994
72000	0.02500	0.01047	0.00676	0.01468	2.18724	0.99315	14.71934	1.78465	0.21266

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Sperisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	F'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) (kg/m3)
8.00124	0.74988	0.40218	1.52110	15.77810	60.70913	0.02838	0.03274	2.09633	0.17361
8.09272	0.74141	0.41470	2.00897	12.17272	45.45142	0.01916	0.02256	2.19002	0.14255
8.18690	0.73288	0.42832	2.78266	10.01143	32.56651	0.01318	0.01765	2.28569	0.10470
8.28652	0.72407	0.44362	3.54286	8.66083	25.30657	0.00470	0.00695	2.38612	0.08447
8.33369	0.71997	0.45121	4.12998	7.89956	21.68212	0.00243	0.00391	2.43342	0.07167
6.29593	0.95300	0.36584	1.86465	12.87102	52.76438	0.00519	0.00582	2.42764	0.06956
6.29937	0.95248	0.36660	2.50975	10.65107	39.60621	0.02150	0.02657	2.43341	0.05555
6.32168	0.94912	0.37160	3.52528	8.68672	28.48833	0.01854	0.02583	2.47059	0.03710
6.34944	0.94497	0.37797	4.55062	7.45297	22.25383	0.00347	0.00527	2.51654	0.03241
6.35616	0.94397	0.37953	5.35060	6.76285	19.14433	0.00131	0.00210	2.52761	0.03018
						0.11785	0.14930		

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	Q
86400	0.16782	0.09339	0.06455	0.04798	0.79128	0.92712	1.60840	5.51307	0.07013
86400	0.13281	0.07836	0.05344	0.05352	1.05502	0.94085	2.96313	4.15232	0.09673
86400	0.09351	0.06201	0.04171	0.05907	1.47540	0.95481	6.01420	2.97973	0.14028
86400	0.07400	0.04366	0.02893	0.05334	1.89725	0.96940	10.34933	2.32373	0.18778
86400	0.06209	0.03455	0.02273	0.04938	2.22194	0.97624	14.46870	1.96613	0.22428
86400	0.06013	0.02899	0.01899	0.01411	0.75741	0.98029	1.70064	5.14874	0.07012
86400	0.04729	0.02808	0.01837	0.01840	1.01990	0.98095	3.08943	3.82389	0.09465
86400	0.03093	0.02208	0.01438	0.02037	1.43670	0.96520	6.20561	2.71563	0.13548
86400	0.02690	0.01444	0.00935	0.01724	1.86115	0.99047	10.57430	2.09707	0.17909
86400	0.02500	0.01256	0.00812	0.01765	2.19021	0.99175	14.69651	1.78212	0.21179

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
7.88052	0.76137	0.38661	1.56126	15.37219	60.68183	0.03193	0.03639	1.97144	0.17508
7.99721	0.75026	0.40164	2.05127	12.02148	45.50521	0.02114	0.02480	2.09219	0.14503
8.11593	0.73929	0.41799	2.82665	9.91763	32.63530	0.01424	0.01898	2.21366	0.10757
8.23991	0.72816	0.43634	3.58016	8.60657	25.36501	0.00496	0.00730	2.33921	0.08715
8.29803	0.72306	0.44545	4.16349	7.86135	21.72916	0.00253	0.00396	2.39767	0.07412
6.27386	0.95635	0.36101	1.87715	12.78534	52.81090	0.00541	0.00606	2.39055	0.07197
6.27808	0.95571	0.36192	2.52600	10.60992	39.64062	0.02239	0.02768	2.39765	0.05766
6.30530	0.95158	0.36792	3.54293	8.66073	28.51095	0.01913	0.02666	2.44331	0.03868
6.33903	0.94652	0.37556	4.56521	7.43867	22.26738	0.00354	0.00538	2.49935	0.03383
6.34717	0.94530	0.37744	5.36545	6.75162	19.15472	0.00134	0.00214	2.51280	0.03152
						0.12660	0.15935		

## LAMA FILTRASI 28 JAN

Lama Operasi (det)	De Outflow (Tiap- Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap- Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	K	S	Jumlah S	0
100800	0.16782	0.10895	0.07641	0.05679	0.80009	0.91192	1.58203	5.42269	0.06843
100800	0.13281	0.09142	0.06307	0.06317	1.06467	0.92697	2.92572	4.09989	0.09476
100800	0.09351	0.07235	0.04909	0.06952	1.48585	0.94610	5.95928	2.95252	0.13607
100800	0.07400	0.05094	0.03395	0.06259	1.90650	0.96375	10.28901	2.31019	0.18573
100800	0.06209	0.04031	0.02664	0.05787	2.23043	0.97194	14.40505	1.97799	0.22236
100800	0.06013	0.03383	0.02224	0.01653	0.75983	0.97678	1.69454	5.13027	0.06943
100800	0.04729	0.03276	0.02152	0.02155	1.02305	0.97756	3.07875	3.81067	0.09375
100800	0.03093	0.02576	0.01683	0.02383	1.44016	0.98261	6.18924	2.70847	0.13448
100800	0.02690	0.01685	0.01093	0.02016	1.86407	0.98883	10.55676	2.09359	0.17824
100800	0.02500	0.01465	0.00949	0.02062	2.19318	0.99033	14.67750	1.77958	0.21092

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	De Outflow (Tiap- Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
7.75131	0.77406	0.37105	1.60497	14.95359	60.53173	0.03594	0.04059	1.83607	0.17669
7.89624	0.75986	0.38858	2.09650	11.86518	45.49558	0.02383	0.02733	1.98779	0.14774
8.04181	0.74610	0.40765	2.87291	9.82151	32.67765	0.01539	0.02044	2.13798	0.11070
8.19187	0.73243	0.42906	3.61872	8.55143	25.41599	0.00524	0.00768	2.29072	0.09008
8.26153	0.72626	0.43969	4.19787	7.82266	21.77132	0.00265	0.00412	2.36099	0.07681
6.25136	0.95979	0.35617	1.88991	12.69900	52.84961	0.00564	0.00631	2.35245	0.07461
6.25638	0.95902	0.35724	2.54258	10.56835	39.66960	0.02331	0.02886	2.36096	0.05998
6.28867	0.95410	0.36424	3.56085	8.63454	28.53124	0.01974	0.02753	2.41547	0.04043
6.32851	0.94809	0.37315	4.57995	7.42430	22.28018	0.00361	0.00549	2.48194	0.03598
6.33810	0.94666	0.37535	5.38043	6.74034	19.16464	0.00136	0.00218	2.49782	0.03298
						0.13622	0.17052		

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m3)	Specific Deposit (tiap Lapisan)	(O/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
115200	0.16782	0.12452	0.08865	0.06590	0.80920	0.89562	1.55375	5.32576	0.06675
115200	0.13281	0.10448	0.07296	0.07307	1.07457	0.91639	2.88612	4.04439	0.09285
115200	0.09351	0.08269	0.05661	0.08017	1.49650	0.93699	5.90189	2.92409	0.13588
115200	0.07400	0.05822	0.03903	0.07196	1.91587	0.95793	10.22683	2.29622	0.18369
115200	0.06209	0.04607	0.03058	0.06644	2.23900	0.96755	14.33987	1.96844	0.22044
115200	0.06013	0.03866	0.02551	0.01896	0.76226	0.97319	1.68832	5.11143	0.06874
115200	0.04729	0.03744	0.02468	0.02472	1.02622	0.97410	3.06786	3.79720	0.09285
115200	0.03093	0.02944	0.01929	0.02732	1.44365	0.97997	6.17264	2.70120	0.13348
115200	0.02690	0.01926	0.01252	0.02308	1.86699	0.98717	10.53905	2.09008	0.17738
115200	0.02500	0.01675	0.01087	0.02361	2.19617	0.98890	14.65632	1.77701	0.21004

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m3)
7.61277	0.78815	0.35548	1.65280	14.52080	60.24315	0.04047	0.04543	1.68883	0.17845
7.78935	0.77028	0.37552	2.14507	11.70327	45.41855	0.02577	0.03021	1.87611	0.15073
7.96438	0.75335	0.39731	2.92168	9.72281	32.69209	0.01664	0.02206	2.05835	0.11416
8.14237	0.73689	0.42178	3.65867	8.49528	25.45594	0.00553	0.00908	2.24054	0.09331
8.22415	0.72956	0.43393	4.23322	7.76340	21.80821	0.00276	0.00428	2.32332	0.07977
6.22841	0.96333	0.35134	1.90298	12.57509	52.87967	0.00588	0.00655	2.31330	0.07752
6.23425	0.96243	0.35256	2.55954	10.52627	39.69255	0.02428	0.03010	2.32329	0.06254
6.27180	0.95666	0.36056	3.57912	8.60807	28.54879	0.02038	0.02844	2.36706	0.04235
6.31789	0.94968	0.37074	4.59491	7.40979	22.29194	0.00369	0.00560	2.46430	0.03710
6.32895	0.94802	0.37325	5.39561	6.72895	19.17383	0.00138	0.00222	2.48267	0.03453
						0.14680	0.18297		



TABEL (Perhitungan - 2) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KEDALAMAN MEDIA 90cm DARI  $V = 0,002083$  M/DET  
Koefisien filtrasi = 2,599302

Jenis Media	$C_o$	$C_e$	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det)	Shape faktor	Spesitas	Porositas (mean) ( mm )
Batu bara	0.2	0.019277	0.9	2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
Pasir Kuarsa				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	$f^*$	Cd	Head-Loss Car-Koz ( m )	Head-Loss Rose ( m )
0.1500	0.0750	1.34838	59.59724	17.79915	0.017871	0.022816
0.2000	0.1000	1.81677	44.68345	13.21029	0.013259	0.016757
0.3000	0.1500	2.56928	32.10864	10.50230	0.010106	0.014130
0.2000	0.1000	3.34493	25.06885	8.96477	0.004040	0.006176
0.1500	0.0750	3.94112	21.54133	8.12456	0.002210	0.003563
0.0342	0.0141	1.81068	52.28349	13.25469	0.004805	0.005463
0.2560	0.1056	2.43966	39.25529	10.83364	0.020042	0.024807
0.4524	0.1867	3.45018	28.27033	8.79967	0.018036	0.025179
0.1486	0.0613	4.49177	22.12060	7.51141	0.003561	0.005423
0.0781	0.0322	5.29236	19.03907	6.80741	0.001367	0.002192
	0.9				0.095295	0.126506

1. Area Operasi (det)	Dr (lap- lapisan) kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (lap- lapisan)	(U/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	K	S	Jumlah S	D
28800	0.16458	0.03119	0.02042	0.01518	0.75848	0.97875	1.69796	5.82007	0.07712
28800	0.12691	0.02762	0.01673	0.01676	1.01826	0.98271	3.09497	4.33707	0.10477
28800	0.08593	0.01975	0.01284	0.01819	1.43452	0.98683	6.21583	3.07963	0.14945
28800	0.06626	0.01337	0.00865	0.01596	1.65987	0.99120	10.58202	2.37598	0.19639
28800	0.05453	0.01031	0.00666	0.01446	2.18702	0.99325	14.72087	2.02074	0.23243
28800	0.05256	0.00849	0.00547	0.00407	0.74737	0.99447	1.72524	5.22321	0.07304
28800	0.03994	0.00818	0.00527	0.00528	1.00678	0.99467	3.13265	3.87738	0.09847
28800	0.02456	0.00622	0.00460	0.00566	1.42199	0.99597	6.27342	2.74531	0.13980
28800	0.02096	0.00383	0.00246	0.00453	1.84844	0.99753	10.64966	2.11201	0.18285
28800	0.01928	0.00326	0.00209	0.00455	2.17711	0.99790	14.78970	1.79318	0.21567

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Speris- sitas)	Perubahan: Porositas:	N Re	Cd	f <sup>2</sup>	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap- lapisan) kg/m <sup>3</sup>
8.31934	0.72121	0.44887	1.41761	16.92996	60.06617	0.02220	0.02699	2.41904	0.16682
8.35302	0.71830	0.45438	1.89546	12.66183	44.92805	0.01581	0.01917	2.45277	0.13053
8.38902	0.71531	0.46025	2.65918	10.28780	32.19649	0.01153	0.01582	2.48775	0.08988
8.42516	0.71215	0.46663	3.43245	8.82691	25.05874	0.00439	0.00654	2.52480	0.06982
8.44266	0.71060	0.46969	4.02787	8.01912	21.49915	0.00235	0.00375	2.54223	0.05770
6.36461	0.94271	0.38151	1.82584	13.14463	52.56111	0.00519	0.00587	2.54148	0.05567
6.36590	0.94252	0.38182	2.45910	10.78218	39.45781	0.02158	0.02666	2.54361	0.04255
6.37420	0.94129	0.38378	3.46875	8.77138	28.39717	0.01910	0.02662	2.55720	0.02640
6.38420	0.93982	0.38617	4.50194	7.50122	22.20208	0.00370	0.00562	2.57355	0.02254
6.38655	0.93947	0.38674	5.30047	6.80116	19.10494	0.00141	0.00226	2.57737	0.02075
						0.10726	0.13940		

## LAMA FILTRASI 12 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap Lapisan)	(D/d)	n (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah $\sum$	D
43200	0.16458	0.04669	0.03101	0.02305	0.76635	0.96707	1.67770	5.75062	0.07535
43200	0.12691	0.03842	0.02535	0.02539	1.02689	0.97336	3.06554	4.29783	0.10279
43200	0.08593	0.02963	0.01941	0.02750	1.44383	0.97983	6.17178	3.05781	0.14729
43200	0.06626	0.02006	0.01305	0.02406	1.86797	0.98661	10.53307	2.36499	0.19448
43200	0.05453	0.01547	0.01003	0.02178	2.19434	0.98977	14.66927	2.01366	0.23069
43200	0.05256	0.01273	0.00823	0.00612	0.74942	0.99163	1.72032	5.20830	0.07244
43200	0.03994	0.01227	0.00793	0.00795	1.00945	0.99194	3.12404	3.86674	0.09769
43200	0.02458	0.00932	0.00601	0.00852	1.42485	0.99391	6.26047	2.73964	0.13895
43200	0.02096	0.00574	0.00369	0.00681	1.85072	0.99628	10.63632	2.10937	0.18217
43200	0.01928	0.00489	0.00314	0.00683	2.17939	0.99684	14.77395	1.79127	0.21499

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>
8.22006	0.72992	0.43331	1.44962	16.55611	60.38898	0.02495	0.02973	2.31920	0.16807
8.27360	0.72520	0.44158	1.92988	12.46964	45.15353	0.01740	0.02079	2.37313	0.13256
8.32858	0.72041	0.45037	2.69553	10.20434	32.33550	0.01241	0.01688	2.42830	0.09209
8.38619	0.71546	0.45994	3.46343	8.77947	25.13992	0.00462	0.00693	2.48592	0.07182
8.41307	0.71318	0.46453	4.05556	7.98622	21.55501	0.00244	0.00388	2.51274	0.05949
6.34644	0.94541	0.37727	1.83610	13.07120	52.62391	0.00538	0.00607	2.51160	0.05742
6.34842	0.94512	0.37773	2.47240	10.74733	39.50311	0.02234	0.02760	2.51486	0.04402
6.36104	0.94324	0.38068	3.48290	8.74998	28.42277	0.01961	0.02732	2.53563	0.02742
6.37620	0.94100	0.38426	4.51314	7.49005	22.21490	0.00376	0.00571	2.56048	0.02344
6.37975	0.94048	0.38511	5.31169	6.79254	19.11435	0.00143	0.00229	2.56627	0.02158
						0.11434	0.14720		

LAMA FILTRASI 16 JHM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	K	S	Jumlah S	D
57600	0.16458	0.06226	0.04188	0.03113	0.77443	0.95461	1.65610	5.67657	0.07359
57600	0.12691	0.05123	0.03415	0.03420	1.03570	0.96352	3.03453	4.25237	0.10093
57600	0.08593	0.03950	0.02609	0.03695	1.45328	0.97255	6.12593	3.03509	0.14513
57600	0.06626	0.02675	0.01749	0.03225	1.87616	0.98190	10.48278	2.35369	0.19257
57600	0.05453	0.02063	0.01342	0.02916	2.20172	0.98622	14.61660	2.00643	0.22895
57600	0.03256	0.01697	0.01101	0.00819	0.75149	0.98874	1.71531	5.19313	0.07183
57600	0.03994	0.01636	0.01061	0.01063	1.01213	0.98916	3.11530	3.85591	0.09690
57600	0.02458	0.01243	0.00804	0.01139	1.42772	0.99183	6.24736	2.73390	0.13811
57600	0.02096	0.00765	0.00493	0.00909	1.85300	0.99502	10.62287	2.10670	0.18149
57600	0.01928	0.00653	0.00420	0.00912	2.18168	0.99577	14.75809	1.78935	0.21431

Perubahan Shape faktor	Perubahan: (Sperisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap-lapisan) kg/m3
8.11421	0.73944	0.41774	1.48401	16.17243	60.60327	0.02805	0.03283	2.21192	0.16943
8.18991	0.73261	0.42677	1.96633	12.39043	45.32594	0.01915	0.02270	2.28873	0.13477
8.26671	0.72580	0.44050	2.73348	10.11910	32.45280	0.01337	0.01804	2.36619	0.09450
8.34615	0.71889	0.45325	3.49529	8.73135	25.21367	0.00486	0.00724	2.44590	0.07400
8.38286	0.71575	0.45937	4.08386	7.95297	21.60718	0.00254	0.00401	2.48259	0.06143
8.32796	0.94817	0.37303	1.84654	12.99730	52.68098	0.00558	0.00628	2.48103	0.05931
8.33064	0.94777	0.37364	2.48593	10.71220	39.54446	0.02314	0.02857	2.48548	0.04562
8.34772	0.94522	0.37757	3.49724	8.72844	28.44678	0.02013	0.02805	2.51371	0.02853
8.36814	0.94219	0.38235	4.52443	7.47883	22.22726	0.00382	0.00580	2.54728	0.02440
8.37290	0.94149	0.38347	5.32299	6.78398	19.12347	0.00145	0.00232	2.55507	0.02248
						0.12207	0.15585		

## LJMA FILTRASI 20 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap- lapisan)	Specific Deposit (tiap- lapisan)	( $\eta/d$ )	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16458	0.07782	0.05305	0.03943	0.78273	0.94132	1.63304	5.59753	0.07185
72000	0.12691	0.06404	0.04314	0.04321	1.04471	0.95314	3.00184	4.20656	0.09088
72000	0.08593	0.04938	0.03287	0.04655	1.46288	0.96497	6.07819	3.01143	0.14299
72000	0.06626	0.03344	0.02197	0.04052	1.88443	0.97706	10.43111	2.34209	0.19067
72000	0.05453	0.02578	0.01684	0.03659	2.20915	0.98259	14.56281	1.99904	0.22722
72000	0.05256	0.02122	0.01381	0.01027	0.75357	0.98581	1.71021	5.17771	0.07123
72000	0.03994	0.02045	0.01331	0.01333	1.01483	0.98634	3.10640	3.84490	0.09611
72000	0.02458	0.01554	0.01007	0.01427	1.43060	0.98972	6.23408	2.72809	0.13726
72000	0.02096	0.00957	0.00617	0.01138	1.85529	0.99375	10.60931	2.10401	0.18081
72000	0.01928	0.00816	0.00526	0.01142	2.16398	0.99469	14.74213	1.78741	0.21363

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap- lapisan) kg/m3
9.00124	0.74998	0.40218	1.52110	15.77810	60.70313	0.03154	0.03638	2.09633	0.17090
8.10166	0.74059	0.41596	2.00503	12.18707	45.44298	0.02109	0.02484	2.19913	0.13716
8.20228	0.73150	0.43062	2.77316	10.03198	32.54771	0.01439	0.01931	2.30123	0.09712
8.30501	0.72246	0.44656	3.52809	8.68256	25.27985	0.00511	0.00757	2.40468	0.07637
8.35201	0.71839	0.45422	4.11279	7.91936	21.65560	0.00264	0.00415	2.45176	0.06354
6.30916	0.95100	0.36878	1.85717	12.92292	52.73225	0.00578	0.00650	2.44976	0.06138
6.31257	0.95048	0.36955	2.49969	10.67677	39.58181	0.02396	0.02960	2.45545	0.04735
6.33423	0.94723	0.37446	3.51176	8.70677	28.46917	0.02067	0.02880	2.49142	0.02974
6.36001	0.94339	0.38043	4.53581	7.46756	22.23916	0.00388	0.00590	2.53394	0.02546
6.36601	0.94251	0.38184	5.33436	6.77520	19.13230	0.00147	0.00236	2.54378	0.02346
						0.13052	0.16539		

LAMPIRAN FILTRASI 24 JAN

Lama Operasi (det.)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	n
86400	0.16458	0.09339	0.06455	0.04798	0.79128	0.92712	1.60840	5.51307	0.07013
86400	0.12691	0.07685	0.05234	0.05242	1.05392	0.94218	2.96733	4.15821	0.09695
86400	0.08593	0.05926	0.03976	0.05631	1.47264	0.95708	6.02845	2.98679	0.14087
86400	0.06626	0.04012	0.02651	0.04888	1.89279	0.97209	10.37801	2.33017	0.18877
86400	0.05453	0.03094	0.02029	0.04409	2.21665	0.97888	14.50768	1.99150	0.22549
86400	0.03256	0.02546	0.01663	0.01236	0.75566	0.98282	1.70503	5.16201	0.07062
86400	0.03994	0.02454	0.01602	0.01604	1.01754	0.98347	3.09736	3.83371	0.09533
86400	0.02458	0.01865	0.01212	0.01716	1.43349	0.98759	6.22064	2.72221	0.13642
86400	0.02096	0.01148	0.00742	0.01368	1.85759	0.99247	10.59565	2.10130	0.18014
86400	0.01928	0.00979	0.00632	0.01372	2.18628	0.99360	14.72607	1.78547	0.21295

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Speris- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Ed	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
7.08052	0.76137	0.38661	1.56126	15.37219	60.68183	0.03548	0.04044	1.97144	0.17251
8.00855	0.74920	0.40315	2.04623	12.03925	45.50217	0.02322	0.02725	2.10385	0.13978
8.13516	0.73754	0.42074	2.81470	9.94288	32.61950	0.01550	0.02068	2.23322	0.09999
8.26274	0.72615	0.43988	3.56188	8.63305	25.33829	0.00537	0.00792	2.36220	0.07895
8.32051	0.72111	0.44906	4.14236	7.88538	21.70020	0.00274	0.00430	2.42021	0.06585
6.29004	0.95389	0.36454	1.86799	12.84806	52.77764	0.00600	0.00672	2.41777	0.06364
6.29420	0.95326	0.36546	2.51370	10.64104	39.61513	0.02482	0.03067	2.42474	0.04926
6.32057	0.94928	0.37135	3.52646	8.68496	28.48993	0.02123	0.02958	2.46876	0.03107
6.35183	0.94461	0.37852	4.54728	7.45626	22.25060	0.00394	0.00599	2.52047	0.02662
6.35907	0.94353	0.38021	5.34581	6.76649	19.14085	0.00149	0.00239	2.53239	0.02453
						0.13978	0.17593		



LAMA FILTRASI 32 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	0
115200	0.16458	0.12452	0.08066	0.06590	0.80920	0.89562	1.55375	5.32577	0.06675
115200	0.12691	0.10246	0.07142	0.07152	1.07302	0.91038	2.09239	4.05318	0.09315
115200	0.09573	0.07901	0.05991	0.07636	1.49269	0.94027	5.92260	2.93435	0.13665
115200	0.06626	0.05350	0.03573	0.06588	1.90979	0.96172	10.26734	2.30532	0.18501
115200	0.05453	0.04125	0.02728	0.05926	2.23182	0.97123	14.39451	1.97594	0.22204
115200	0.05256	0.03395	0.02232	0.01659	0.75989	0.97669	1.69439	5.12980	0.06941
115200	0.03994	0.03272	0.02149	0.02153	1.02303	0.97758	3.07803	3.81077	0.09375
115200	0.02458	0.02487	0.01623	0.02299	1.49932	0.98324	6.19324	2.71022	0.13472
115200	0.02096	0.01531	0.00992	0.01829	1.86220	0.98988	10.56802	2.09582	0.17878
115200	0.01928	0.01305	0.00844	0.01634	2.19090	0.99141	14.69361	1.78153	0.21159

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap lapisan): kg/m3
7.61278	0.78015	0.35548	1.65277	14.52106	60.24403	0.04497	0.05048	1.68885	0.17621
7.80627	0.76861	0.37754	2.13730	11.72876	45.43549	0.02819	0.03304	1.89387	0.14580
7.99232	0.75072	0.40099	2.90401	9.75828	32.69045	0.01799	0.02385	2.08716	0.10661
8.17462	0.73398	0.42650	3.63261	8.53180	25.43129	0.00593	0.00868	2.27326	0.08493
8.25349	0.72679	0.43875	4.20357	7.81629	21.77773	0.00296	0.00460	2.35490	0.07118
8.25079	0.95988	0.35605	1.89024	12.69683	52.85048	0.00645	0.00722	2.35148	0.06886
6.25653	0.95900	0.35728	2.54246	10.56865	39.66942	0.02663	0.03297	2.36123	0.05366
6.29274	0.95348	0.36513	3.55647	8.64093	28.52652	0.02239	0.03122	2.42229	0.03414
6.39526	0.94708	0.37469	4.57049	7.43351	22.27206	0.00407	0.00619	2.49312	0.02930
6.34506	0.94562	0.37695	5.36894	6.74899	19.15708	0.00153	0.00245	2.50931	0.02702
						0.16113	0.20071		



TABEL (Perhitungan - 3) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KEHALAMAN MEDIA 1000m DAN  $V = 0,002083 \text{ m}^3/\text{det}$   
Koefisien Filtrasi = 2,599302

Jenis Media	Co	Ce	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Spesitas	Porositas: d (mean)
Batu bara	0.2	0.014865	1	2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48
Pasir Kuarsa				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	F <sup>2</sup>	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
0.1500	0.0825	1.34838	59.59724	15.46267	0.019658	0.021803
0.2000	0.1100	1.81677	44.68345	12.92982	0.014585	0.018041
0.3000	0.1650	2.56928	32.10864	10.50230	0.011116	0.015543
0.2000	0.1100	3.34493	25.06885	8.96477	0.004444	0.006794
0.1500	0.0825	3.94112	21.54133	8.12456	0.002431	0.003919
0.0342	0.0159	1.81068	52.28349	12.95587	0.005405	0.006008
0.2560	0.1188	2.43966	39.25529	10.83364	0.022547	0.027908
0.4524	0.2100	3.45018	28.27033	8.79967	0.020290	0.028326
0.1486	0.0690	4.49177	22.12060	7.51141	0.004006	0.006101
0.0781	0.0363	5.29236	19.03907	6.80741	0.001538	0.002466
	1				0.106019	0.136909



LAMA FILTER 16. JRM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Triap- Lapisan) (kg/m3)	Specific Deposit (tiap- lapisan)	(N/d)	d ( mm )	x	S	Jumlah S	D
57600	0.16140	0.06226	0.04188	0.77443	0.95461	1.65610	5.67657	0.07359
57600	0.12126	0.05024	0.03346	1.03501	0.96430	3.03699	4.25581	0.10098
57600	0.07897	0.03775	0.02489	1.45158	0.97387	6.13422	3.03920	0.14552
57600	0.05933	0.02458	0.01604	1.87349	0.98344	10.49923	2.35739	0.19319
57600	0.04788	0.01847	0.01200	2.19863	0.98771	14.63877	2.00947	0.22968
57600	0.04594	0.01490	0.00966	0.75048	0.99016	1.71776	5.20056	0.07213
57600	0.03973	0.01430	0.00926	1.01077	0.99057	3.11972	3.86138	0.09730
57600	0.01954	0.01050	0.00678	1.42593	0.99313	6.25553	2.73748	0.13863
57600	0.01633	0.00608	0.00391	1.85113	0.99606	10.63391	2.10889	0.18205
57600	0.01487	0.00508	0.00327	2.17966	0.99671	14.77210	1.79105	0.21491

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Speris- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) (kg/m3)
8.11421	0.73944	0.41774	1.48401	14.59857	60.60327	0.03085	0.03260	2.21192	0.16664
8.19653	0.73202	0.42976	1.96344	12.34132	45.31456	0.02091	0.02480	2.29543	0.12946
8.27790	0.72482	0.44225	2.72661	10.13439	32.43355	0.01451	0.01961	2.37744	0.08745
8.35925	0.71777	0.45542	3.48487	8.74702	25.19060	0.00526	0.00795	2.45900	0.06672
8.39557	0.71466	0.46153	4.07195	7.96692	21.58581	0.00275	0.00435	2.49528	0.05431
6.33701	0.94682	0.37510	1.84143	12.82565	52.65388	0.00616	0.00693	2.49602	0.05220
6.33963	0.94643	0.37570	2.47909	10.72993	39.52413	0.02558	0.03159	2.50035	0.03878
6.35602	0.94399	0.37950	3.48831	8.74184	28.43205	0.02228	0.03104	2.52738	0.02281
6.37476	0.94121	0.38392	4.51516	7.48803	22.21715	0.00424	0.00644	2.55812	0.01912
6.37895	0.94059	0.38492	5.31301	6.79153	19.11543	0.00161	0.00258	2.56497	0.01742
						0.13415	0.16770		

LAMA FILTRASI 20 JRM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap- lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap- lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16140	0.07762	0.05305	0.03943	0.76273	0.94132	1.63304	5.59753	0.07185
72000	0.12126	0.06280	0.04226	0.04233	1.04383	0.95416	3.00807	4.21109	0.09907
72000	0.07897	0.04718	0.03135	0.04440	1.46073	0.96669	6.08897	3.01678	0.14347
72000	0.05933	0.03073	0.02015	0.03716	1.88107	0.97904	10.45221	2.34683	0.19144
72000	0.04788	0.02309	0.01505	0.03270	2.20526	0.98450	14.59100	2.00292	0.22812
72000	0.04594	0.01863	0.01210	0.00900	0.75230	0.98760	1.71933	5.18714	0.07159
72000	0.03373	0.01788	0.01161	0.01163	1.01313	0.98812	3.11202	3.85185	0.09661
72000	0.01954	0.01313	0.00849	0.01203	1.42836	0.99136	6.24441	2.73261	0.13792
72000	0.01633	0.00760	0.00490	0.00903	1.85294	0.99505	10.62321	2.10677	0.18151
72000	0.01487	0.00636	0.00409	0.00888	2.18144	0.99588	14.75975	1.78955	0.21438

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Speris- sitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap- lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
8.00124	0.74988	0.40218	1.52110	14.38394	60.70313	0.03469	0.03648	2.09639	0.16824
8.11039	0.73979	0.41720	2.00119	12.20110	45.43417	0.02298	0.02708	2.20802	0.13196
8.21683	0.73021	0.43282	2.76418	10.05152	32.52858	0.01557	0.02092	2.31593	0.09005
8.32181	0.72100	0.44927	3.51469	8.70241	25.25397	0.00550	0.00818	2.42152	0.06899
8.36822	0.71700	0.45691	4.09758	7.93698	21.63075	0.00284	0.00449	2.46797	0.05628
8.32066	0.94927	0.37137	1.85067	12.78718	52.70170	0.00636	0.00706	2.46890	0.05412
6.32398	0.94877	0.37212	2.49100	10.69911	39.55877	0.02637	0.03257	2.47443	0.04033
6.34473	0.94567	0.37687	3.50046	8.72362	28.45191	0.02278	0.03174	2.50877	0.02981
6.36835	0.94216	0.38240	4.52414	7.47911	22.22695	0.00429	0.00653	2.54761	0.01997
6.37361	0.94138	0.38364	5.32181	6.78478	19.12253	0.00163	0.00261	2.55624	0.01821
						0.14303	0.17764		

LAMA FILTRASI 24 JAM

Lama Operasi (det)	Cap Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	O
86400	0.16140	0.09339	0.06455	0.04798	0.79128	0.92712	1.60840	5.51307	0.07013
86400	0.12126	0.07536	0.05126	0.05134	1.05284	0.94348	2.97143	4.16394	0.09718
86400	0.07897	0.05662	0.03791	0.05369	1.47002	0.95922	6.04192	2.99347	0.14143
86400	0.05933	0.03687	0.02430	0.04480	1.88871	0.97452	10.40400	2.33601	0.18969
86400	0.04788	0.02770	0.01813	0.03938	2.21194	0.98122	14.54248	1.99625	0.22657
86400	0.04594	0.02236	0.01457	0.01083	0.75413	0.98501	1.70883	5.17352	0.07106
86400	0.03373	0.02145	0.01397	0.01399	1.01549	0.98564	3.10421	3.84218	0.09592
86400	0.01954	0.01575	0.01021	0.01446	1.43079	0.98958	6.23318	2.72770	0.13720
86400	0.01633	0.00912	0.00588	0.01085	1.85476	0.99405	10.61245	2.10463	0.18097
86400	0.01487	0.00763	0.00491	0.01067	2.18323	0.99504	14.74733	1.78904	0.21365

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	De Outflow (Tiap Lapisan) (kg/m <sup>3</sup> )
7.88052	0.76137	0.38661	1.56126	14.16075	60.68183	0.03902	0.04097	1.97144	0.16998
8.01960	0.74817	0.40464	2.04132	12.05661	45.49836	0.02526	0.02965	2.11519	0.13469
8.15394	0.73589	0.42338	2.80343	9.96685	32.60265	0.01672	0.02233	2.25168	0.09290
8.28343	0.72434	0.44313	3.54533	8.65720	25.31086	0.00576	0.00852	2.38301	0.07147
8.34035	0.71939	0.45230	4.12373	7.90675	21.67266	0.00294	0.00462	2.44009	0.05844
8.30406	0.95177	0.36764	1.86005	12.74842	52.74503	0.00657	0.00729	2.44124	0.05622
6.30811	0.95116	0.36855	2.50305	10.66806	39.59034	0.02719	0.03359	2.44800	0.04203
6.33331	0.94737	0.37425	3.51274	8.70530	28.47063	0.02330	0.03246	2.48990	0.02491
6.36189	0.94312	0.38088	4.53318	7.47016	22.23645	0.00435	0.00661	2.53703	0.02091
6.36825	0.94217	0.38237	5.33066	6.77802	19.12945	0.00165	0.00264	2.54746	0.01907
						0.15276	0.18868		

Lama (det)	Specific (D/D)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
100800 : 0.16140	0.10895	0.07641	0.05679	0.80009	0.91192	1.58203	5.42269
100800 : 0.12126	0.08792	0.06047	0.06056	1.06206	0.93221	2.93594	4.11422
100800 : 0.07897	0.06606	0.04458	0.06314	1.47947	0.95145	5.99299	2.96922
100800 : 0.05933	0.04302	0.02849	0.05253	1.89644	0.96989	10.35457	1.98946
100800 : 0.04788	0.03232	0.02122	0.04611	2.21867	0.97788	14.49297	2.32491
100800 : 0.04594	0.02608	0.01704	0.02597	0.98238	1.70426	5.15969	0.07053
100800 : 0.03373	0.02503	0.01634	0.01637	0.98312	3.09628	3.83237	0.09523
100800 : 0.01954	0.01838	0.01194	0.01691	0.98778	6.22183	2.72273	0.13649
100800 : 0.01633	0.01065	0.00687	0.01267	0.99303	10.60162	2.10249	0.18043
100800 : 0.01487	0.00890	0.00574	0.01247	0.99420	14.73484	1.78653	0.21332

Perubahan:Perubahan:	7.75131	0.77406	1.60497	13.92811	60.59173	0.04392	0.04621	1.83607	0.17189
Shape (Speris-	7.92382	0.75721	2.08409	11.90754	45.50455	0.02777	0.03254	2.01641	0.13769
Faktor : sitas)	8.06731	0.74190	2.84447	9.88031	32.65508	0.01794	0.02388	2.18450	0.09602
Perubahan:Porositas:	8.24407	0.72780	3.57682	8.61139	25.36115	0.00603	0.00889	2.34341	0.07420
N Re	8.31195	0.72185	4.15040	7.87622	21.71150	0.00305	0.00477	2.41164	0.06082
Cd	6.28720	0.95432	1.86959	12.70935	52.79381	0.00678	0.00753	2.41300	0.05853
f'	6.29200	0.95359	2.51537	10.63678	39.61881	0.02803	0.03465	2.42105	0.04390
	6.32178	0.94910	3.52517	8.68688	28.48818	0.02383	0.03320	2.42077	0.02612
	6.35540	0.94408	4.54227	7.46119	22.24567	0.00440	0.00669	2.52636	0.02195
	6.36286	0.94297	5.33956	6.77125	19.13622	0.00167	0.00267	2.53861	0.02002



TABEL. (Perhitungan - 4) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KETEBALAN MEDIA 800m DAN  $\psi = 0.004166 \text{ m/det}$

Jenis Media	$C_o$	$C_e$	$L$ (total) (m)	Koefisien: Filter	Flow-rate: (m/det)	Shape Faktor	Spesifisitas	Porositas: d (mean) ( mm )
Batu bara	0.2	0.024999	0.8	2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
Pasir				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
Kwarsa				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	$f'$	Cd	Head-Loss: Car-Koz ( m )	Head-Loss: Rose ( m )
0.1500	0.0675	2.69637	30.67779	10.20244	0.033107	0.047067
0.2000	0.0900	3.63301	23.21982	8.53124	0.024797	0.038947
0.3000	0.1350	5.13783	16.93151	6.92953	0.019179	0.033554
0.2000	0.0900	6.68890	13.41110	5.91505	0.007779	0.014667
0.1500	0.0675	7.88110	11.64709	5.36068	0.004300	0.008461
0.0342	0.0123	3.62084	27.02039	8.54843	0.008688	0.012328
0.2560	0.0924	4.87861	20.50534	7.14816	0.036631	0.057272
0.4524	0.1634	6.89937	15.01208	5.80612	0.033511	0.058130
0.1486	0.0537	8.98224	11.93676	4.95611	0.006723	0.012519
0.0781	0.0282	10.58320	10.39578	4.49161	0.002612	0.005061
	0.8				0.177325	0.288006







## LAMA FILTRASI 20 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Yiap- Lapisan) (kg/m3)	Specific Deposit (tiap- lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16782	0.15562	0.11451	0.08511	0.82841	0.85927	1.49069	5.10961	0.06348
72000	0.13281	0.13050	0.09355	0.09369	1.09519	0.88695	2.79969	3.92328	0.08906
72000	0.09351	0.10334	0.07209	0.10210	1.51843	0.91752	5.77927	2.86334	0.13155
72000	0.07400	0.07276	0.04938	0.09105	1.93496	0.94574	10.09677	2.26702	0.17964
72000	0.06209	0.05758	0.03858	0.08382	2.25638	0.95844	14.20490	1.94991	0.21663
72000	0.06013	0.04832	0.03213	0.02308	0.76718	0.96581	1.67551	5.07266	0.06736
72000	0.04729	0.04679	0.03108	0.03112	1.03262	0.96699	3.04547	3.76949	0.09105
72000	0.03093	0.03680	0.02424	0.03434	1.45067	0.97458	6.13869	2.68635	0.13148
72000	0.02690	0.02407	0.01570	0.02895	1.87286	0.98381	10.50313	2.08295	0.17568
72000	0.02500	0.02093	0.01362	0.02960	2.20216	0.98601	14.61344	1.77181	0.20830

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap- Lapisan) (kg/m3)
7.30380	0.82149	0.32498	3.52668	8.68464	30.48617	0.10590	0.14687	1.35227	0.18255
7.55609	0.79406	0.34942	4.50671	7.49645	23.40365	0.06534	0.09824	1.62794	0.15767
7.79891	0.76934	0.37666	6.05382	6.27992	17.19499	0.04101	0.06806	1.88615	0.12223
8.03882	0.74638	0.40724	7.48425	5.52946	13.63009	0.01319	0.02365	2.13491	0.10086
8.14674	0.73649	0.42242	8.61187	5.08292	11.81021	0.00650	0.01224	2.24498	0.08668
6.18116	0.97069	0.34168	3.85920	8.22761	27.33752	0.01324	0.01890	2.23175	0.09432
6.18875	0.96950	0.34321	5.18809	6.88918	20.73934	0.05504	0.08654	2.24495	0.06852
6.23731	0.96195	0.35320	7.23168	5.64453	15.16586	0.04610	0.08014	2.32852	0.04684
6.29636	0.95293	0.36593	9.24877	4.86991	12.03350	0.00828	0.01541	2.42836	0.04112
6.31043	0.95081	0.36907	10.85070	4.42483	10.47200	0.00313	0.00606	2.45188	0.03837
						0.35773	0.55612		



Ce	Lama	Operasi	(det)	(kg/m <sup>3</sup> )	(tiap- lapisan)	(D/d)	( mm )	d	x	S	Jumlah	0
100800	0.16782	0.21787	0.17354	0.12899	0.87229	0.76623	1.32928	4.55634	0.05753			
100800	0.13281	0.18281	0.13888	0.13909	1.14059	0.82254	2.59052	3.63017	0.08187			
100800	0.09351	0.14468	0.10519	0.14898	1.56531	0.87268	5.49687	2.72342	0.12319			
100800	0.07400	0.10186	0.07096	0.13084	1.97475	0.91897	9.81097	2.20285	0.17166			
100800	0.06209	0.08061	0.05509	0.11968	2.29224	0.93884	13.91448	1.91005	0.20910			
100800	0.06013	0.06764	0.04571	0.03397	0.77727	0.95011	1.64829	4.99024	0.06460			
100800	0.04729	0.06550	0.04418	0.04575	1.04575	0.95191	2.99798	3.71070	0.08745			
100800	0.03093	0.05151	0.03435	0.04864	1.46497	0.96330	6.06762	2.65525	0.12748			
100800	0.02690	0.03369	0.02215	0.04083	1.88474	0.97687	10.42912	2.06826	0.17227			
100800	0.02500	0.02991	0.01920	0.04171	2.21427	0.98007	14.52542	1.76114	0.20481			

Perubahan:Perubahan:Porositas:	N Re	Cd	f <sup>2</sup>	HL	HL	Rose	Koefisien:	Ce	Perubahan:Perubahan:Porositas:	N Re	Cd	f <sup>2</sup>	HL	HL	Rose	Koefisien:	Ce
6.51294	0.92124	0.26213	4.16441	7.86031	28.32775	0.17246	0.26398	0.43887	6.51294	0.92124	0.26213	4.16441	7.86031	28.32775	0.17246	0.26398	0.43887
6.99158	0.85818	0.29719	5.07252	6.98293	22.53267	0.09814	0.15537	1.00039	6.99158	0.85818	0.29719	5.07252	6.98293	22.53267	0.09814	0.15537	1.00039
7.41781	0.80886	0.38532	6.56135	5.98378	16.94531	0.05635	0.09526	1.47781	7.41781	0.80886	0.38532	6.56135	5.98378	16.94531	0.05635	0.09526	1.47781
7.81127	0.76812	0.37814	7.86065	5.36904	13.61659	0.01644	0.02941	1.89912	7.81127	0.76812	0.37814	7.86065	5.36904	13.61659	0.01644	0.02941	1.89912
7.98018	0.75186	0.39939	8.93132	4.97304	11.83720	0.00773	0.01445	2.07465	7.98018	0.75186	0.39939	8.93132	4.97304	11.83720	0.00773	0.01445	2.07465
6.08073	0.98672	0.32236	3.97454	8.08351	27.32434	0.01575	0.02275	2.05389	6.08073	0.98672	0.32236	3.97454	8.08351	27.32434	0.01575	0.02275	2.05389
6.09224	0.98486	0.32450	5.33727	6.77299	20.73455	0.06509	0.10350	2.07459	6.09224	0.98486	0.32450	5.33727	6.77299	20.73455	0.06509	0.10350	2.07459
6.16509	0.97322	0.33849	7.38855	5.57232	15.17984	0.05249	0.09181	2.20372	6.16509	0.97322	0.33849	7.38855	5.57232	15.17984	0.05249	0.09181	2.20372
6.25199	0.95969	0.35631	9.37351	4.83092	12.05069	0.00900	0.01678	2.35352	6.25199	0.95969	0.35631	9.37351	4.83092	12.05069	0.00900	0.01678	2.35352
6.27242	0.95657	0.36069	10.97647	4.39434	10.48648	0.00337	0.00653	2.38812	6.27242	0.95657	0.36069	10.97647	4.39434	10.48648	0.00337	0.00653	2.38812
0.49681	0.79985								0.49681	0.79985							

LAMA FILTRASI 32 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) (kg/m3)	Specific Deposit (tiap- Lapisan)	(D/d)	0 ( mm )	d Perubahan ( mm )	x	S	Jumlah S	0
115200	0.16782	0.24900	0.20853	0.15500	0.89830	0.70450	1.22218	4.18925	0.05514
115200	0.13281	0.20893	0.16429	0.16454	1.16604	0.78173	2.46199	3.45006	0.07657
115200	0.09351	0.16535	0.12301	0.17423	1.59056	0.84672	5.33395	2.64240	0.11908
115200	0.07400	0.11641	0.08223	0.15162	1.99553	0.90425	9.65379	2.16756	0.16774
115200	0.06209	0.09213	0.06361	0.13819	2.31075	0.92830	13.75823	1.88860	0.20537
115200	0.06013	0.07730	0.05267	0.03915	0.78245	0.94178	1.63383	4.94646	0.06322
115200	0.04729	0.07486	0.05090	0.05098	1.05248	0.94392	2.97280	3.67954	0.08565
115200	0.03093	0.05887	0.03949	0.05593	1.47226	0.95739	6.03042	2.63897	0.12548
115200	0.02690	0.03850	0.02541	0.04684	1.89075	0.97330	10.39101	2.06072	0.17057
115200	0.02500	0.03349	0.02201	0.04782	2.22038	0.97702	14.48027	1.75566	0.20306

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap- Lapisan) (kg/m3)
5.98821	1.00197	0.23100	4.66438	7.34337	26.47983	0.21917	0.36507	-0.20243	0.20275
6.64468	0.90298	0.27107	5.45641	6.68386	21.78861	0.12058	0.19974	0.59593	0.19216
7.19714	0.83366	0.31465	6.87159	5.82019	16.71042	0.06622	0.11411	1.23940	0.16269
7.68613	0.78063	0.36359	8.07270	5.28397	13.57526	0.01837	0.03298	1.76707	0.13877
7.89057	0.76040	0.38787	9.10569	4.91568	11.83375	0.00844	0.01575	1.98190	0.12139
6.02739	0.99546	0.31270	4.03642	8.00891	27.29133	0.01721	0.02507	1.95671	0.11849
6.04108	0.99320	0.31514	5.41710	6.71292	20.71390	0.07091	0.11362	1.98183	0.09866
6.12730	0.97922	0.33113	7.47109	5.53530	15.17921	0.05606	0.09848	2.13716	0.06958
6.22915	0.96321	0.35150	9.43789	4.81113	12.05692	0.00936	0.01753	2.31457	0.06146
6.25293	0.95955	0.35651	11.04110	4.37889	10.49222	0.00349	0.00677	2.35512	0.05751
						0.58982	0.98912		







Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	0
57600	0.16450	0.12450	0.06854	0.06589	0.80919	0.89564	1.55379	5.32589	0.06675
57600	0.12691	0.10245	0.07140	0.07151	1.07301	0.91840	2.89243	4.05324	0.09315
57600	0.08593	0.07900	0.05391	0.07635	1.49268	0.94028	5.92267	2.93438	0.13666
57600	0.06626	0.05349	0.03572	0.06587	1.90978	0.96173	10.26740	2.30534	0.18501
57600	0.05453	0.04125	0.02727	0.05925	2.23181	0.97124	14.39458	1.97595	0.22205
57600	0.05256	0.03394	0.02231	0.01659	0.75989	0.97669	1.69439	5.12982	0.06941
57600	0.03994	0.03272	0.02149	0.02152	1.02302	0.97759	3.07884	3.81078	0.09376
57600	0.02450	0.02486	0.01623	0.02299	1.43932	0.98324	6.19326	2.71023	0.13473
57600	0.02096	0.01530	0.00992	0.01829	1.86220	0.98989	10.56804	2.09583	0.17878
57600	0.01928	0.01305	0.00844	0.01834	2.19090	0.99142	14.69363	1.78153	0.21159

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m3
7.61295	0.78813	0.35550	3.30495	9.02968	31.00144	0.09252	0.12550	1.68902	0.17620
7.80639	0.76860	0.37755	4.27388	7.73889	23.59595	0.05854	0.08718	1.89400	0.14580
7.99241	0.75071	0.40100	5.80707	6.43869	17.22245	0.03789	0.06292	2.08724	0.10661
8.17467	0.73397	0.42651	7.26408	5.62942	13.59233	0.01268	0.02291	2.27331	0.08493
8.25552	0.72679	0.43875	8.40586	5.15730	11.76529	0.00640	0.01215	2.35494	0.07118
6.25082	0.95987	0.35606	3.77990	8.33074	27.30390	0.01333	0.01893	2.35152	0.06886
6.25655	0.95899	0.35728	5.08415	6.97334	20.71243	0.05561	0.08699	2.36127	0.05365
6.29275	0.95348	0.36514	7.11188	5.70139	15.14018	0.04752	0.08237	2.42232	0.03414
6.33527	0.94708	0.37470	9.13963	4.90472	12.01250	0.00878	0.01633	2.49314	0.02930
6.34506	0.94562	0.37695	10.73631	4.45306	10.45479	0.00335	0.00648	2.50932	0.02702
						0.33662	0.52175		

Lama Operasi (det)	De outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16458	0.15562	0.11451	0.08511	0.82841	0.85927	1.49069	5.10961	0.06348
72000	0.12691	0.12806	0.09151	0.09164	1.09314	0.89175	2.80849	3.93562	0.08942
72000	0.08593	0.09875	0.06859	0.09714	1.51347	0.92200	5.80752	2.87733	0.13250
72000	0.06626	0.06686	0.04515	0.08326	1.92717	0.95077	10.15044	2.27907	0.18127
72000	0.05453	0.05156	0.03438	0.07459	2.24725	0.96326	14.27633	1.95972	0.21862
72000	0.05256	0.04243	0.02808	0.02807	0.76417	0.97034	1.68330	5.09648	0.06820
72000	0.03994	0.04090	0.02704	0.02708	1.02858	0.97150	3.05967	3.78706	0.09218
72000	0.02458	0.03108	0.02039	0.02887	1.44520	0.97878	6.16517	2.69794	0.13304
72000	0.02096	0.01913	0.01243	0.02293	1.86684	0.98726	10.53998	2.09026	0.17743
72000	0.01928	0.01631	0.01058	0.02298	2.19554	0.98920	14.66076	1.77755	0.21023

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesis-sitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	De Outflow (tiap-lapisan) kg/m3
7.30360	0.82149	0.32438	3.52668	8.68464	30.48617	0.11766	0.16319	1.35227	0.18071
7.57985	0.79157	0.35194	4.48420	7.51901	23.42805	0.07121	0.10692	1.65352	0.15317
7.83702	0.76560	0.38125	6.00471	6.31068	17.20651	0.04400	0.07299	1.92607	0.11474
8.08155	0.74243	0.41314	7.41469	5.56053	13.62232	0.01402	0.02518	2.17862	0.09227
8.18770	0.73281	0.42844	8.53408	5.11067	11.79605	0.00691	0.01304	2.28650	0.07773
6.21019	0.96615	0.34757	3.82609	8.27025	27.32810	0.01436	0.02045	2.28202	0.07527
6.21761	0.96500	0.34910	5.14377	6.92473	20.73117	0.05972	0.09367	2.29478	0.05907
6.26421	0.95782	0.35892	7.17350	5.67196	15.15513	0.05014	0.08701	2.37424	0.03792
6.31845	0.94960	0.37087	9.18679	4.88960	12.02229	0.00907	0.01688	2.46523	0.03260
6.33087	0.94774	0.37369	10.78318	4.44144	10.46293	0.00344	0.00666	2.48585	0.03009
						0.39053	0.60599		



Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	d (mm)	Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
100800	0.16458	0.21787	0.17354	0.12899	0.87229	0.76623	1.32920	4.55634	0.05753
100900	0.12691	0.17928	0.13561	0.13581	1.13731	0.82761	2.60649	3.65255	0.08233
100900	0.08593	0.13824	0.09983	0.14139	1.55772	0.88024	5.54448	2.74701	0.12441
100800	0.06626	0.09361	0.06471	0.11933	1.96324	0.92691	9.89570	2.22188	0.17390
100800	0.05453	0.07218	0.04897	0.10638	2.27894	0.94624	14.02408	1.92509	0.21184
100800	0.05256	0.05940	0.03986	0.02963	0.77293	0.95696	1.66017	5.02621	0.06578
100900	0.03994	0.05726	0.03836	0.03841	1.03991	0.95870	3.01936	3.73717	0.08904
100800	0.02458	0.04351	0.02882	0.04082	1.45715	0.96952	6.10680	2.67240	0.12966
100900	0.02096	0.02678	0.01751	0.03229	1.87620	0.98188	10.48254	2.07887	0.17472
100800	0.01928	0.02284	0.01488	0.03234	2.20490	0.98467	14.59369	1.76942	0.20751

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Sperisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap lapisan)
6.51294	0.92124	0.26213	4.16441	7.86031	28.32775	0.19162	0.29332	0.43887	0.19352
7.03467	0.85292	0.30072	5.02695	7.02083	22.61594	0.10606	0.16707	1.04967	0.17424
7.48206	0.80192	0.34176	6.47346	6.03240	17.00254	0.05957	0.10024	1.54785	0.13814
7.87873	0.76154	0.38639	7.74792	5.41577	13.62949	0.01716	0.03068	1.96958	0.11344
8.04304	0.74599	0.40782	8.81011	5.01398	11.83244	0.00806	0.01510	2.13923	0.09663
6.12456	0.97966	0.33060	3.92403	8.14577	27.33839	0.01670	0.02399	2.13230	0.09376
6.13569	0.97788	0.33274	5.26990	6.82481	20.74253	0.05905	0.10918	2.15202	0.07470
6.20491	0.96698	0.34649	7.30193	5.61189	15.17472	0.05588	0.09738	2.27291	0.04887
6.28402	0.95480	0.36322	9.28344	4.85899	12.03898	0.00969	0.01804	2.40765	0.04216
6.30191	0.95209	0.36716	10.87889	4.41795	10.47564	0.00364	0.00705	2.43764	0.03897
						0.53742	0.96204		



TABEL (Perhitungan - 6) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KEDALAMAN MEDIA 100 Cm DAN  $\psi$  0,004166 M/OET  
Koefisien Filter 2,599302

Jenis Media	Co	Ce	L (total) (m)	Koefisien: Filter	Koefisien: Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Spesifisitas	Porositas: d (mm)
Batu bara	0.2	0.0149	1	2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48
Pasir Kuarsa				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39

X Fraksi	Tebal Media (m)	N Re	f'	Cd	Head-Loss: Car-Koz (m)	Head-Loss: Rose (m)
0.1500	0.0825	2.69637	30.67779	10.20244	0.04046	0.05753
0.2000	0.1100	3.63301	23.21982	8.53124	0.03091	0.04760
0.3000	0.1650	5.13783	16.93151	6.92953	0.02344	0.04101
0.2000	0.1100	6.68890	13.41110	5.91505	0.00951	0.01793
0.1500	0.0825	7.88110	11.64709	5.36058	0.00526	0.01034
0.0342	0.0159	3.62084	27.02039	8.54843	0.01117	0.01585
0.2560	0.1188	4.87861	20.50534	7.14816	0.04710	0.07364
0.4524	0.2100	6.89937	15.01208	5.80612	0.04309	0.07474
0.1486	0.0690	8.98224	11.93676	4.95611	0.00864	0.01610
0.0781	0.0363	10.58320	10.39578	4.49161	0.00396	0.00651
1					0.22233	0.36123

LAMA FILTRASI 12 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap- lapisan) kg/m3	Specific Deposit (tiap- lapisan)	(D/d)	D ( mm )	d Perubahan ( mm )	x	S	Jumlah S	D
43200	0.16140	0.09337	0.06454	0.04797	0.79127	0.92713	1.60342	5.51315	0.07013
43200	0.12126	0.07535	0.05125	0.05133	1.05283	0.94349	2.97146	4.16399	0.09718
43200	0.07897	0.05661	0.03790	0.05368	1.47001	0.95922	6.04196	2.99349	0.14144
43200	0.05933	0.03687	0.02429	0.04480	1.88871	0.97453	10.40404	2.93602	0.18970
43200	0.04788	0.02770	0.01812	0.03937	2.21193	0.98122	14.54253	1.99626	0.22657
43200	0.04594	0.02235	0.01456	0.01083	0.75413	0.98501	1.70883	5.17353	0.07106
43200	0.03373	0.02145	0.01397	0.01399	1.01549	0.98564	3.10421	3.84219	0.09592
43200	0.01954	0.01575	0.01021	0.01446	1.43079	0.98958	6.23319	2.72770	0.13720
43200	0.01633	0.00912	0.00588	0.01085	1.85476	0.99405	10.61246	2.10464	0.18097
43200	0.01487	0.00763	0.00491	0.01067	2.18323	0.99504	14.74734	1.78804	0.21965

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Speris- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f*	HL Cap-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow: (Tiap- Lapisan) kg/m3
7. 88062	0. 76136	0. 38663	3. 12200	9. 34355	31. 22020	0. 08028	0. 10810	1. 97155	0. 16998
8. 01968	0. 74816	0. 40465	4. 08198	7. 95517	23. 62732	0. 05245	0. 07822	2. 11528	0. 13469
8. 15340	0. 73589	0. 42339	5. 60598	6. 57629	17. 17852	0. 03522	0. 05893	2. 25174	0. 09289
8. 28346	0. 72433	0. 44313	7. 08959	5. 71214	13. 53210	0. 01232	0. 02248	2. 38304	0. 07147
8. 34037	0. 71939	0. 45230	8. 24622	5. 21698	11. 71275	0. 00636	0. 01220	2. 44011	0. 05844
6. 30402	0. 95177	0. 36765	3. 71956	8. 41157	27. 25117	0. 01357	0. 01923	2. 44126	0. 05622
6. 30812	0. 95115	0. 36855	5. 00545	7. 03892	20. 67288	0. 05677	0. 08862	2. 44802	0. 04203
6. 33332	0. 94737	0. 37425	7. 02446	5. 74386	15. 11223	0. 04945	0. 08554	2. 48992	0. 02491
6. 36190	0. 94311	0. 38088	9. 06503	4. 92890	11. 99470	0. 00938	0. 01744	2. 53704	0. 02091
6. 36825	0. 94217	0. 38237	10. 65977	4. 47222	10. 44098	0. 00360	0. 00696	2. 54746	0. 01907
						0. 31939	0. 49781		

[illegible]



Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.16140	0.15562	0.11451	0.08511	0.62841	0.85927	1.49063	5.10961	0.06348
72000	0.12126	0.12559	0.08962	0.08965	1.09115	0.89446	2.81703	3.94758	0.08978
72000	0.07897	0.09435	0.06527	0.09245	1.50878	0.92620	5.83398	2.89044	0.13342
72000	0.05933	0.06145	0.04131	0.07616	1.92007	0.95528	10.19860	2.28989	0.16278
72000	0.04788	0.04617	0.03065	0.06658	2.23914	0.96747	14.33879	1.96829	0.22041
72000	0.04594	0.03726	0.02456	0.01825	0.76155	0.97424	1.69014	5.11694	0.06894
72000	0.03373	0.03575	0.02354	0.02357	1.02507	0.97536	3.07181	3.80208	0.09317
72000	0.01954	0.02625	0.01715	0.02430	1.44063	0.98226	6.18705	2.70751	0.13435
72000	0.01633	0.01521	0.00985	0.01817	1.86208	0.98995	10.56875	2.09597	0.17882
72000	0.01487	0.01271	0.00822	0.01786	2.19042	0.99164	14.69702	1.78194	0.21173

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spersitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) : kg/m3
7.30380	0.82149	0.32438	3.52668	8.68464	30.48617	0.12943	0.17951	1.35227	0.17889
7.60289	0.78917	0.35441	4.46246	7.54097	23.45056	0.07686	0.11525	1.67825	0.14873
7.87273	0.76212	0.38565	5.95894	6.33972	17.21471	0.04681	0.07764	1.96334	0.10758
8.11990	0.73893	0.41855	7.35252	5.58869	13.61221	0.01481	0.02665	2.21770	0.08429
8.22353	0.72961	0.43383	8.46627	5.13519	11.78098	0.00730	0.01382	2.32270	0.06959
6.23511	0.96229	0.35274	3.79773	8.30725	27.31483	0.01544	0.02194	2.32477	0.06707
6.24228	0.96119	0.35425	5.10599	6.95543	20.72036	0.06423	0.10057	2.33699	0.05080
6.28645	0.95443	0.36375	7.12548	5.69486	15.14381	0.05410	0.09379	2.41173	0.03061
6.33570	0.94702	0.37479	9.13844	4.90511	12.01224	0.00987	0.01836	2.49384	0.02577
6.34653	0.94540	0.37729	10.73147	4.45427	10.45397	0.00375	0.00727	2.51174	0.02353
						0.42260	0.65480		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
86400	0.16140	0.18675	0.14258	0.10598	0.84928	0.81677	1.41696	4.85587	0.06038
86400	0.12126	0.15070	0.11029	0.11045	1.11195	0.86539	2.72548	3.81929	0.08622
86400	0.07897	0.11323	0.07973	0.11292	1.52925	0.90756	5.71653	2.83225	0.12950
86400	0.05933	0.07374	0.05009	0.09235	1.93626	0.94490	10.06772	2.26499	0.17937
86400	0.04788	0.05540	0.03705	0.08050	2.25306	0.96020	14.23098	1.95349	0.21735
86400	0.04594	0.04471	0.02964	0.02203	0.76533	0.96860	1.58036	5.08732	0.06787
86400	0.03373	0.04290	0.02840	0.02845	1.02995	0.96998	3.05489	3.78114	0.09180
86400	0.01954	0.03150	0.02067	0.02927	1.44560	0.97848	6.16324	2.69709	0.13292
86400	0.01633	0.01825	0.01185	0.02185	1.86576	0.98787	10.54649	2.09155	0.17774
86400	0.01487	0.01525	0.00988	0.02147	2.19403	0.98992	14.67148	1.77865	0.21067

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	De Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
6.94253	0.86424	0.29325	8.29949	29.62112	0.16507	0.23611	0.94405	0.18501
7.35581	0.81568	0.32930	7.30967	23.15413	0.09331	0.14232	1.40973	0.15844
7.71423	0.77778	0.36677	6.21239	17.15972	0.05405	0.08990	1.79688	0.11779
8.03162	0.74705	0.40626	5.52425	13.63105	0.01624	0.02911	2.12753	0.09321
8.16170	0.73514	0.42460	5.09301	11.80541	0.00782	0.01473	2.26016	0.07735
6.19903	0.96789	0.34529	8.25380	27.33247	0.01648	0.02349	2.26275	0.07462
6.20789	0.96651	0.34710	6.91270	20.73445	0.06838	0.10733	2.27804	0.05692
6.26225	0.95812	0.35850	5.66995	15.15602	0.05661	0.09826	2.37092	0.03460
6.32235	0.94901	0.37175	4.89310	12.02012	0.01013	0.01884	2.47172	0.02917
6.33550	0.94704	0.37475	4.44522	10.45994	0.00384	0.00742	2.49351	0.02665
					0.49193	0.76952		

## LAMA FILTRASI 28 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap- Lapisan)	Specific Deposit (tiap- Lapisan)	(O/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
100800	0.16140	0.21787	0.17354	0.12899	0.87229	0.76623	1.32928	4.55634	0.05753
100800	0.12126	0.17582	0.13243	0.13263	1.13413	0.83249	2.62186	3.67409	0.08279
100800	0.07897	0.13210	0.09478	0.13424	1.55057	0.86725	5.56863	2.76888	0.12565
100800	0.05933	0.08603	0.05907	0.10891	1.95282	0.93395	9.97091	2.23876	0.17598
100800	0.04788	0.06463	0.04356	0.09464	2.26720	0.95264	14.11895	1.93812	0.21431
100800	0.04594	0.05216	0.03479	0.02586	0.76916	0.96279	1.67027	5.05679	0.06681
100800	0.03373	0.05005	0.03333	0.03338	1.03488	0.96445	3.03746	3.75957	0.09042
100800	0.01954	0.03675	0.02421	0.03429	1.45062	0.97461	6.13891	2.68645	0.13149
100800	0.01633	0.02129	0.01386	0.02556	1.86947	0.98576	10.52395	2.08708	0.17666
100800	0.01487	0.01779	0.01155	0.02510	2.19766	0.98818	14.64567	1.77572	0.20961

Perubahan : Shape Faktor	Perubahan : (Spesis- sitas)	Perubahan : Porositas :	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien : Filter	Ce Outflow : (Tiap- Lapian) : kg/m3)
6. 51294	0. 92124	0. 26213	4. 16441	7. 86031	28. 32775	0. 21078	0. 32265	0. 43887	0. 19289
7. 07615	0. 84792	0. 30418	4. 98351	7. 05749	22. 69367	0. 11354	0. 17801	1. 09687	0. 17096
7. 54164	0. 79558	0. 34790	6. 39286	6. 07792	17. 05060	0. 06248	0. 10475	1. 61236	0. 13103
7. 93862	0. 75580	0. 39397	7. 64869	5. 45782	13. 63491	0. 01782	0. 03187	2. 03179	0. 10479
8. 09745	0. 74097	0. 41537	8. 70585	5. 04993	11. 82311	0. 00838	0. 01573	2. 19484	0. 08743
6. 16182	0. 97374	0. 33784	3. 88130	8. 19946	27. 34034	0. 01761	0. 02519	2. 19800	0. 08443
6. 17247	0. 97206	0. 33995	5. 21314	6. 86929	20. 74190	0. 07284	0. 11471	2. 21662	0. 06488
6. 23753	0. 96192	0. 35325	7. 23120	5. 64476	15. 16579	0. 05925	0. 10300	2. 32890	0. 03978
6. 30884	0. 95105	0. 36871	9. 21375	4. 98101	12. 02739	0. 01040	0. 01934	2. 44922	0. 03360
6. 32435	0. 94871	0. 37221	10. 80470	4. 43613	10. 46556	0. 00392	0. 00759	2. 47504	0. 03071
						0. 57702	0. 92283		

## LAMPA FILTRASI 32 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	X	S	Jumlah S	D
115200	0.16140	0.24900	0.20853	0.15500	0.89830	0.70450	1.22218	4.18925	0.05514
115200	0.12126	0.20094	0.15628	0.15651	1.15801	0.79487	2.50339	3.50807	0.07955
115200	0.07897	0.15097	0.11051	0.15652	1.57285	0.86506	5.44887	2.69964	0.12188
115200	0.05939	0.09832	0.06826	0.12587	1.96978	0.92242	9.84775	2.21111	0.17262
115200	0.04788	0.07387	0.05018	0.10902	2.28158	0.94478	14.00250	1.92213	0.21129
115200	0.04594	0.05961	0.04001	0.02974	0.77304	0.95679	1.65987	5.02530	0.06575
115200	0.03379	0.05720	0.03831	0.03837	1.03987	0.95875	3.01951	3.73735	0.08905
115200	0.01954	0.04200	0.02779	0.03936	1.45569	0.97067	6.11406	2.67557	0.13007
115200	0.01633	0.02433	0.01588	0.02927	1.87318	0.98362	10.50114	2.08256	0.17559
115200	0.01487	0.02034	0.01323	0.02874	2.20130	0.98642	14.61960	1.77256	0.20855

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis-sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap-lapisan) kg/m3
5.98821	1.00197	0.23100	4.66438	7.34337	26.47983	0.26787	0.44619	-0.20243	0.20337
6.75642	0.88804	0.27906	5.32925	6.77910	22.04188	0.13837	0.22570	0.72770	0.18772
7.95304	0.81599	0.32903	6.65104	5.93524	16.88226	0.07233	0.12289	1.40668	0.14884
7.84055	0.76525	0.38168	7.81159	5.36925	13.62305	0.01956	0.09498	1.92976	0.12037
8.03066	0.74714	0.40613	8.83391	5.00588	11.83387	0.00898	0.01681	2.12655	0.10100
6.12345	0.97984	0.33039	3.92530	8.14419	27.33819	0.01882	0.02705	2.13033	0.09764
6.13599	0.97784	0.33280	5.26943	6.82517	20.74256	0.07764	0.12276	2.15255	0.07560
6.21228	0.96583	0.34800	7.28594	5.61928	15.17308	0.06204	0.10804	2.28561	0.04678
6.29517	0.95311	0.36567	9.25213	4.86885	12.03406	0.01067	0.01986	2.42636	0.03957
6.31309	0.95041	0.36966	10.84191	4.42699	10.47082	0.00401	0.00776	2.45631	0.03620
						0.68029	1.13205		

7) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KEDALAMAN MEDIA 900mm DAN  $V = 0,002083$  M/DET  
Koefisien Filter 2,599302

Jenis Media	$C_o$	$C_e$	$L$ (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m <sup>3</sup> /det)	Shape Faktor	Spesifisitas	Porositas (mean) ( mm )
Batu bara	0.3	0.0289	0.9	2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48 : 0.74330
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48 : 1.00150
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48 : 1.41633
				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48 : 1.84391
Pasir				2.599302	0.002083	8.5	0.7	0.48 : 2.17256
Kwarsa				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39 : 0.74330
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39 : 1.00150
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39 : 1.41633
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39 : 1.84391
				2.599302	0.002083	6.4	0.94	0.39 : 2.17256

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	$f^*$	Cd	Head-Loss Car-Koz ( m )	Head-Loss Rose ( m )
0.1500	0.0750	1.34838	59.59724	17.79915	0.01787	0.02282
0.2000	0.1000	1.81677	44.68345	13.21029	0.01326	0.01676
0.3000	0.1500	2.56928	32.10864	10.50230	0.01011	0.01413
0.2000	0.1000	3.34493	25.06885	8.96477	0.00484	0.00618
0.1500	0.0750	3.94112	21.54133	8.12456	0.00221	0.00356
0.0342	0.0141	1.81068	52.28349	13.25469	0.00480	0.00546
0.2560	0.1056	2.43966	39.25529	10.83364	0.02004	0.02481
0.4524	0.1867	3.45018	28.27033	8.79967	0.01804	0.02518
0.1486	0.0613	4.49177	22.12060	7.51141	0.00356	0.00542
0.0781	0.0322	5.29236	19.03907	6.80741	0.00137	0.00219
	0.9				0.09530	0.12651

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
28800	0.24686	0.04669	0.03101	0.02305	0.76635	0.96707	1.67770	5.75062	0.07535
28800	0.19036	0.03942	0.02535	0.02539	1.02689	0.97336	3.06554	4.29583	0.10279
28800	0.12890	0.02963	0.01941	0.02750	1.44383	0.97983	6.17178	3.05781	0.14729
28800	0.09939	0.02006	0.01305	0.02406	1.86797	0.98661	10.53307	2.36499	0.19448
28800	0.08179	0.01547	0.01003	0.02178	2.19434	0.98977	14.66927	2.01366	0.23069
28800	0.07884	0.01273	0.00823	0.00612	0.74942	0.99163	1.72032	5.20830	0.07244
28800	0.05991	0.01227	0.00793	0.00795	1.00945	0.99194	3.12404	3.86674	0.09769
28800	0.03688	0.00932	0.00601	0.00852	1.42485	0.99391	6.26047	2.73964	0.13895
28800	0.03144	0.00574	0.00369	0.00681	1.85072	0.99628	10.63632	2.10937	0.18217
28800	0.02692	0.00469	0.00314	0.00683	2.17939	0.99684	14.77395	1.79127	0.21499

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spersitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>
8.22006	0.72992	0.43331	1.44962	16.55611	60.38098	0.02495	0.02973	2.31920	0.25210
8.27360	0.72520	0.44158	1.92988	12.43603	45.15353	0.01740	0.02073	2.37313	0.19885
8.32858	0.72041	0.45037	2.69553	10.20434	32.33550	0.01241	0.01688	2.42830	0.13814
8.38619	0.71546	0.45994	3.46343	8.77947	25.13992	0.00452	0.00693	2.48592	0.10774
8.41307	0.71318	0.46453	4.05556	7.98622	21.55501	0.00244	0.00388	2.51274	0.08923
6.34644	0.94541	0.37727	1.83610	13.07120	52.62391	0.00538	0.00607	2.51160	0.08612
6.34842	0.94512	0.37773	2.47240	10.74733	39.50311	0.02234	0.02760	2.51486	0.06603
6.36104	0.94324	0.38068	3.48290	8.74998	28.42277	0.01961	0.02732	2.53563	0.04113
6.37620	0.94100	0.38426	4.51314	7.49005	22.21490	0.00376	0.00571	2.56048	0.03515
6.37975	0.94048	0.38511	5.31169	6.79254	19.11435	0.00143	0.00229	2.56627	0.03236
						0.11434	0.14714		

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (Tiap Lapisan) : kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
43200	0.24686	0.07004	0.04742	0.03525	0.77855	0.94808	1.64476	5.63770	0.07272
43200	0.19036	0.05763	0.03862	0.03868	1.04018	0.95840	3.01840	4.22977	0.09986
43200	0.12890	0.04444	0.02946	0.04173	1.45806	0.96880	6.10230	3.02338	0.14406
43200	0.09939	0.03009	0.01972	0.03637	1.89028	0.97950	10.45712	2.34793	0.19162
43200	0.08179	0.02320	0.01513	0.03287	2.20543	0.98441	14.58984	2.00276	0.22808
43200	0.07984	0.01909	0.01241	0.00922	0.75252	0.98728	1.71277	5.18545	0.07153
43200	0.05991	0.01841	0.01196	0.01197	1.01347	0.98776	3.11087	3.85043	0.09651
43200	0.03698	0.01399	0.00905	0.01282	1.42915	0.99078	6.24074	2.73101	0.13768
43200	0.03144	0.00861	0.00555	0.01023	1.85414	0.99439	10.61610	2.10536	0.18115
43200	0.02092	0.00734	0.00473	0.01027	2.18283	0.99523	14.75013	1.78838	0.21997

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) : kg/m <sup>3</sup>
8.05866	0.74454	0.40996	1.50219	15.97665	60.66790	0.02974	0.03455	2.15522	0.25522
8.14637	0.73652	0.42237	1.98538	12.25929	45.39153	0.02010	0.02374	2.24461	0.20391
8.23482	0.72861	0.43556	2.75310	10.07578	32.50310	0.01387	0.01866	2.33408	0.14368
8.32572	0.72066	0.44991	3.51157	8.70704	25.24772	0.00498	0.00740	2.42544	0.11273
8.36751	0.71706	0.45680	4.09824	7.93621	21.63187	0.00259	0.00408	2.46726	0.09369
6.31860	0.94958	0.37091	1.85183	12.96017	52.70734	0.00568	0.00638	2.46549	0.09048
6.32165	0.94912	0.37159	2.49278	10.69452	39.56364	0.02354	0.02908	2.47054	0.06970
6.34100	0.94622	0.37601	3.50447	8.71762	28.45818	0.02040	0.02842	2.50261	0.04368
6.36408	0.94279	0.38139	4.59011	7.47320	22.23327	0.00385	0.00585	2.54063	0.03738
6.36946	0.94200	0.38266	5.32867	6.77955	19.12792	0.00146	0.00234	2.54944	0.03443
						0.12620	0.16050		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
57600	0.24686	0.09339	0.06455	0.04798	0.79128	0.92712	1.60840	5.51307	0.07013
57600	0.19036	0.07685	0.05234	0.05242	1.05392	0.94218	2.96733	4.15821	0.09695
57600	0.12890	0.05926	0.03976	0.05631	1.47264	0.95709	6.02845	2.98679	0.14087
57600	0.09939	0.04012	0.02651	0.04868	1.89279	0.97209	10.37801	2.93017	0.18877
57600	0.08179	0.03094	0.02029	0.04409	2.21665	0.97888	14.50788	1.99150	0.22549
57600	0.07884	0.02546	0.01663	0.01236	0.75566	0.98282	1.70503	5.16201	0.07062
57600	0.05991	0.02454	0.01602	0.01604	1.01754	0.98347	3.09736	9.83371	0.09533
57600	0.03688	0.01865	0.01212	0.01716	1.43349	0.98759	6.22064	2.72221	0.13642
57600	0.03144	0.01148	0.00742	0.01368	1.85759	0.99247	10.59565	2.10130	0.18014
57600	0.02892	0.00979	0.00632	0.01372	2.18628	0.99360	14.72607	1.78547	0.21295

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap-lapisan) kg/m3
7.68052	0.76137	0.38661	1.56126	15.37219	60.68183	0.03548	0.04044	1.97144	0.25877
8.00855	0.74920	0.40315	2.04623	12.03925	45.50217	0.02322	0.02725	2.10385	0.20967
8.13516	0.73754	0.42074	2.81470	9.94288	32.61950	0.01550	0.02068	2.23322	0.14999
8.26274	0.72615	0.43988	3.56188	8.63305	25.33829	0.00537	0.00792	2.36220	0.11843
8.32051	0.72111	0.44906	4.14236	7.88538	21.70020	0.00274	0.00430	2.42021	0.09877
8.29004	0.95389	0.36454	1.86799	12.84806	52.77764	0.00600	0.00672	2.41777	0.09546
6.29420	0.95326	0.36546	2.51370	10.64104	39.61513	0.02482	0.03067	2.42474	0.07389
6.32057	0.94928	0.37135	3.52646	8.68496	28.48993	0.02123	0.02958	2.46876	0.04660
6.35183	0.94461	0.37852	4.54728	7.45626	22.25060	0.00394	0.00599	2.52047	0.03993
6.35907	0.94353	0.38021	5.34581	6.76649	19.14085	0.00149	0.00239	2.53239	0.03680
						0.13978	0.17593		



Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	0 (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	0
72000	0.24686	0.11673	0.08248	0.06131	0.80461	0.90391	1.56814	5.37509	0.06750
72000	0.19036	0.09606	0.06556	0.06666	1.06816	0.92458	2.91191	4.08054	0.09409
72000	0.12890	0.07407	0.05033	0.07128	1.48761	0.94461	5.94990	2.94787	0.13770
72000	0.09939	0.05016	0.03340	0.06159	1.90550	0.96437	10.29558	2.31166	0.18595
72000	0.08179	0.03867	0.02552	0.05545	2.22801	0.97318	14.42330	1.97989	0.22290
72000	0.07884	0.03182	0.02089	0.01553	0.75883	0.97824	1.69708	5.13796	0.06971
72000	0.05991	0.03068	0.02012	0.02015	1.02165	0.97907	3.08352	3.81658	0.09415
72000	0.03688	0.02331	0.01520	0.02159	1.43786	0.98434	6.20016	2.71325	0.13515
72000	0.03144	0.01435	0.00929	0.01713	1.86104	0.99054	10.57497	2.09720	0.17912
72000	0.02892	0.01223	0.00791	0.01718	2.18974	0.99196	14.70177	1.78252	0.21193

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesifisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
7.68327	0.78092	0.36327	1.62832	14.73915	60.40569	0.04237	0.04769	1.76403	0.26282
7.85897	0.76346	0.38394	2.11334	11.80837	45.47627	0.02685	0.03146	1.94899	0.21628
8.02916	0.74728	0.40593	2.88085	9.80527	32.68206	0.01733	0.02300	2.12501	0.15725
8.19711	0.73197	0.42984	3.61451	8.55740	25.41108	0.00579	0.00848	2.29601	0.12499
8.27200	0.72534	0.44133	4.18800	7.83371	21.75983	0.00290	0.00452	2.37152	0.10462
6.26073	0.95835	0.35818	1.88460	12.73483	52.63454	0.00634	0.00709	2.36835	0.10118
6.26607	0.95754	0.35932	2.53517	10.58687	39.65740	0.02617	0.03238	2.37738	0.07871
6.29976	0.95242	0.36669	3.54889	8.65199	28.51800	0.02209	0.03080	2.43405	0.04997
6.33943	0.94646	0.37565	4.56465	7.43922	22.26687	0.00404	0.00614	2.50001	0.04287
6.34858	0.94509	0.37777	5.36313	6.75337	19.15313	0.00152	0.00244	2.51512	0.03953
						0.15540	0.19400		

LAMIR FILTRASI 24 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
86400	0.24586	0.14008	0.10135	0.07533	0.91863	0.87811	1.52337	5.22164	0.06510
86400	0.19036	0.11527	0.08133	0.08145	1.08295	0.90544	2.85163	3.99606	0.09127
86400	0.12890	0.08808	0.06119	0.08666	1.50299	0.93133	5.86625	2.90643	0.13457
86400	0.09939	0.06019	0.04042	0.07452	1.91843	0.95632	10.20966	2.29237	0.18314
86400	0.08179	0.04641	0.03081	0.06695	2.23951	0.96729	14.33600	1.96791	0.22033
86400	0.07884	0.03819	0.02519	0.01872	0.76202	0.97354	1.68893	5.11328	0.06880
86400	0.05991	0.03681	0.02426	0.02429	1.02579	0.97457	3.06932	3.79901	0.09297
86400	0.03688	0.02797	0.01831	0.02593	1.44226	0.98102	6.17928	2.70411	0.13388
86400	0.03144	0.01722	0.01117	0.02061	1.86452	0.98858	10.55404	2.09305	0.17810
86400	0.02892	0.01468	0.00951	0.02066	2.19322	0.99031	14.67723	1.77954	0.21091

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Sperisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
7.46393	0.80387	0.33992	1.70538	14.07308	59.80849	0.05068	0.05671	1.52814	0.26751
7.69626	0.77960	0.36473	2.18791	11.56522	45.30307	0.03108	0.03654	1.77783	0.22394
7.91628	0.75793	0.39112	2.95213	9.66251	32.68784	0.01938	0.02567	2.00859	0.18569
8.12870	0.73813	0.41981	3.66966	8.48000	25.46550	0.00624	0.00910	2.22666	0.13261
8.22193	0.72976	0.43359	4.23526	7.78115	21.81052	0.00308	0.00477	2.32108	0.11143
6.23065	0.96298	0.35181	1.90168	12.62045	52.87777	0.00670	0.00748	2.31714	0.10784
6.23722	0.96197	0.35319	2.55723	10.53197	39.69029	0.02760	0.03421	2.32837	0.08432
6.27655	0.95563	0.36203	3.57178	8.61869	28.54231	0.02300	0.03208	2.39845	0.05389
6.32688	0.94833	0.37278	4.58223	7.42207	22.28209	0.00414	0.00629	2.47924	0.04629
6.33798	0.94567	0.37532	5.38062	6.74019	19.16477	0.00156	0.00249	2.49762	0.04271
						0.17345	0.21534		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (litap- Lapisan)	Specific Deposit (litap- Lapisan)	(D/P)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
100800	0.24686	0.16343	0.12132	0.09017	0.83347	0.84925	1.47331	5.05002	0.06269
100800	0.19036	0.13448	0.09673	0.09687	1.09837	0.88456	2.78585	3.90389	0.08851
100800	0.12890	0.10370	0.07236	0.10249	1.51882	0.91717	5.77706	2.86224	0.13147
100800	0.09939	0.07022	0.04755	0.08768	1.93159	0.94793	10.12007	2.27225	0.18034
100800	0.08179	0.05414	0.03618	0.07860	2.25116	0.96120	14.24588	1.95554	0.21777
100800	0.07884	0.04455	0.02954	0.02196	0.76526	0.96872	1.68056	5.08794	0.06789
100800	0.05991	0.04295	0.02844	0.02848	1.02998	0.96994	3.05477	3.78099	0.09179
100800	0.03688	0.03264	0.02143	0.03036	1.44669	0.97765	6.15801	2.69480	0.13261
100800	0.03144	0.02009	0.01307	0.02409	1.86800	0.98659	10.53287	2.08885	0.17709
100800	0.02892	0.01713	0.01112	0.02415	2.19671	0.98864	14.65245	1.77654	0.20989

Perubahan:Perubahan:Porositas	Perubahan: (Speris- sitas)	N Re	CD	F'	HL Car-Koz	HL HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (litap- Lapisan) kg/m3
7.21862	0.83118	0.31657	1.79531	13.36818	58.85107	0.06072	0.06802	1.25745
7.51875	0.79801	0.34552	2.27146	11.30806	44.96971	0.03601	0.04273	1.58763
7.79591	0.76963	0.37630	3.02928	9.51411	32.63348	0.02169	0.02874	1.88301
8.05737	0.74466	0.40978	4.28422	7.72767	25.50090	0.00673	0.00978	2.15391
8.17024	0.73437	0.42586	4.28422	8.40075	21.85206	0.00326	0.00503	2.26882
6.19978	0.96778	0.34545	1.91925	12.50488	52.90704	0.00708	0.00790	0.11567
6.20764	0.96655	0.34705	2.57990	10.47634	39.71359	0.02912	0.03618	2.27762
6.25694	0.95894	0.35736	3.59513	8.58506	28.56282	0.02395	0.03344	2.36192
6.31419	0.95024	0.36991	4.60003	7.40403	22.29623	0.00424	0.00645	2.45814
6.32728	0.94828	0.37287	5.39830	6.72694	19.17574	0.00159	0.00254	2.47990
0.04646								0.05032
0.05851								0.09093
0.11567								0.11949
0.14158								0.17561
0.23292								0.27300
0.27300								

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	K	S	Jumlah S	D
115200	0.24686	0.16677	0.14260	0.10600	0.84930	0.81673	1.41689	4.85664	0.06038
115200	0.19036	0.15369	0.11284	0.11301	1.11451	0.86169	2.71983	3.80296	0.08580
115200	0.12890	0.11851	0.08388	0.11881	1.53514	0.90204	5.68181	2.81505	0.12841
115200	0.09939	0.08025	0.05482	0.10108	1.94499	0.93917	10.02660	2.25127	0.17757
115200	0.08179	0.06188	0.04161	0.09040	2.26296	0.95493	14.15281	1.94276	0.21522
115200	0.07884	0.05092	0.03393	0.02522	0.76852	0.96376	1.67197	5.06193	0.06699
115200	0.05991	0.04909	0.03266	0.03271	1.03421	0.96520	3.03984	3.76251	0.09061
115200	0.03688	0.03730	0.02459	0.03482	1.45115	0.97420	6.13639	2.68532	0.13134
115200	0.03144	0.02296	0.01497	0.02768	1.87151	0.98459	10.51146	2.08461	0.17607
115200	0.02892	0.01958	0.01273	0.02765	2.20021	0.98695	14.62742	1.77351	0.20887

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap lapisan) kg/m3
6.94219	0.86428	0.29323	1.90223	12.61675	57.48239	0.07284	0.08232	0.94366	0.27950
7.92436	0.81918	0.32631	2.36601	11.03474	44.46064	0.04178	0.05032	1.37503	0.24359
7.66738	0.78254	0.36149	3.11316	9.35947	32.51520	0.02428	0.03231	1.74713	0.18744
7.98295	0.75160	0.39975	3.78839	8.31953	25.51559	0.00726	0.01052	2.07751	0.15227
8.11687	0.73920	0.41812	4.33501	7.67322	21.88420	0.00346	0.00531	2.21462	0.12897
6.16809	0.97275	0.33908	1.93734	12.38809	52.92207	0.00749	0.00835	2.20897	0.12501
6.17731	0.97130	0.34091	2.60322	10.41994	39.72712	0.03075	0.03830	2.22505	0.09883
6.23491	0.96232	0.35270	3.61896	8.55109	28.57948	0.02494	0.03487	2.32442	0.06403
6.30135	0.95218	0.36704	4.61805	7.38749	22.30929	0.00435	0.00561	2.43671	0.05515
6.31647	0.94990	0.37042	5.41615	6.71363	19.18606	0.00162	0.00260	2.46194	0.05094
						0.21876	0.27151		

## LAMA FILTRASI 36 JAM

Lama Operasi (det)	Ce Outflow (tiap lapisan) : kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
129600	0.24686	0.21012	0.16551	0.12302	0.86632	0.77971	1.35266	4.63649	0.05821
129600	0.19036	0.17290	0.12978	0.12998	1.13148	0.83653	2.63459	3.69193	0.08318
129600	0.12890	0.13393	0.09578	0.13566	1.55199	0.88587	5.57990	2.76456	0.12540
129600	0.09939	0.09028	0.06222	0.11474	1.95865	0.93003	9.92903	2.22936	0.17481
129600	0.08179	0.06961	0.04712	0.10237	2.27493	0.94844	14.05669	1.92957	0.21268
129600	0.07884	0.05728	0.03837	0.02852	0.77182	0.95868	1.66915	5.03523	0.06608
129600	0.05991	0.05522	0.03693	0.03698	1.03848	0.96034	3.02453	3.74356	0.08943
129600	0.03688	0.04196	0.02776	0.03932	1.45565	0.97070	6.11423	2.67565	0.13008
129600	0.03144	0.02583	0.01687	0.03111	1.87502	0.98256	10.48979	2.08031	0.17506
129600	0.02892	0.02202	0.01435	0.03117	2.20373	0.98524	14.60214	1.77044	0.20784

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesis- sitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap lapisan) : kg/m <sup>3</sup>
6.62751	0.90532	0.26988	2.03250	12.08799	55.63350	0.08742	0.10286	0.57557	0.28733
7.11052	0.84382	0.30710	2.47426	10.74248	43.75666	0.04851	0.05972	1.13583	0.25648
7.52986	0.79683	0.34667	3.20482	9.19791	32.32860	0.02720	0.03646	1.59964	0.20176
7.90527	0.75899	0.38972	3.85248	8.23621	25.51181	0.00783	0.01134	1.99717	0.16523
8.06174	0.74426	0.41039	4.38773	7.61776	21.90669	0.00366	0.00562	2.15838	0.14054
6.13556	0.97791	0.33272	1.95598	12.36951	52.92253	0.00793	0.00891	2.15177	0.13634
6.14620	0.97621	0.33478	2.62721	10.36275	39.73066	0.03247	0.04058	2.17055	0.10940
6.21246	0.96580	0.34804	3.64330	8.51677	28.59221	0.02598	0.03639	2.28592	0.07074
6.28836	0.95414	0.36417	4.63629	7.37004	22.32127	0.00446	0.00678	2.41495	0.06101
6.30556	0.95154	0.36798	5.43420	6.70024	19.19571	0.00166	0.00265	2.44374	0.05639
						0.24712	0.31131		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	$(D/d)$	D (mm)	d (mm)	$\alpha$	S	Jumlah S	0
144000	0.24686	0.23347	0.19047	0.14158	0.88488	0.73697	1.27852	4.38237	0.05626
144000	0.19036	0.19211	0.14769	0.14791	1.14941	0.80869	2.54692	3.56906	0.09066
144000	0.12890	0.14814	0.10811	0.15312	1.56945	0.86852	5.47063	2.71042	0.12244
144000	0.09939	0.10031	0.06978	0.12866	1.97257	0.92049	9.82713	2.20648	0.17209
144000	0.08179	0.07735	0.05271	0.11451	2.28707	0.94174	13.95738	1.91594	0.21016
144000	0.07894	0.06365	0.04286	0.03186	0.77516	0.95346	1.65410	5.00782	0.06517
144000	0.05991	0.06136	0.04124	0.04138	1.04280	0.95536	3.00883	3.72413	0.08825
144000	0.03688	0.04662	0.03096	0.04385	1.46018	0.96712	6.09171	2.66579	0.12881
144000	0.03144	0.02870	0.01879	0.03465	1.87856	0.98050	10.46787	2.07596	0.17404
144000	0.02892	0.02447	0.01597	0.03469	2.28725	0.98352	14.57661	1.76795	0.20682

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spersitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap Lapisan) kg/m <sup>3</sup>
6.26426	0.95782	0.24653	2.19641	11.53834	53.20658	0.10474	0.13048	0.13777	0.29692
6.87388	0.87287	0.26789	2.60000	10.42768	42.83355	0.05637	0.07143	0.86471	0.27232
7.38240	0.81274	0.33186	3.30560	9.02863	32.06860	0.03050	0.04132	1.43899	0.21945
7.82414	0.76686	0.37969	3.92010	8.15067	25.48575	0.00845	0.01224	1.91259	0.18125
8.00478	0.74955	0.40265	4.44253	7.56125	21.91925	0.00388	0.00594	2.09997	0.15484
6.10215	0.98326	0.32635	1.97520	12.29718	52.90811	0.00840	0.00948	2.09235	0.15033
6.11428	0.98131	0.32864	2.65191	10.30474	39.72401	0.03432	0.04305	2.11402	0.12024
6.18957	0.96937	0.34338	3.66816	8.48209	28.60097	0.02707	0.03799	2.24637	0.07905
6.27522	0.95614	0.36130	4.65475	7.35248	22.39214	0.00457	0.00695	2.39284	0.06827
6.29453	0.95321	0.36553	5.45243	6.68679	19.20469	0.00169	0.00271	2.42530	0.06313
						0.27999	0.36159		

LAMA FILTRASI 44 JAM

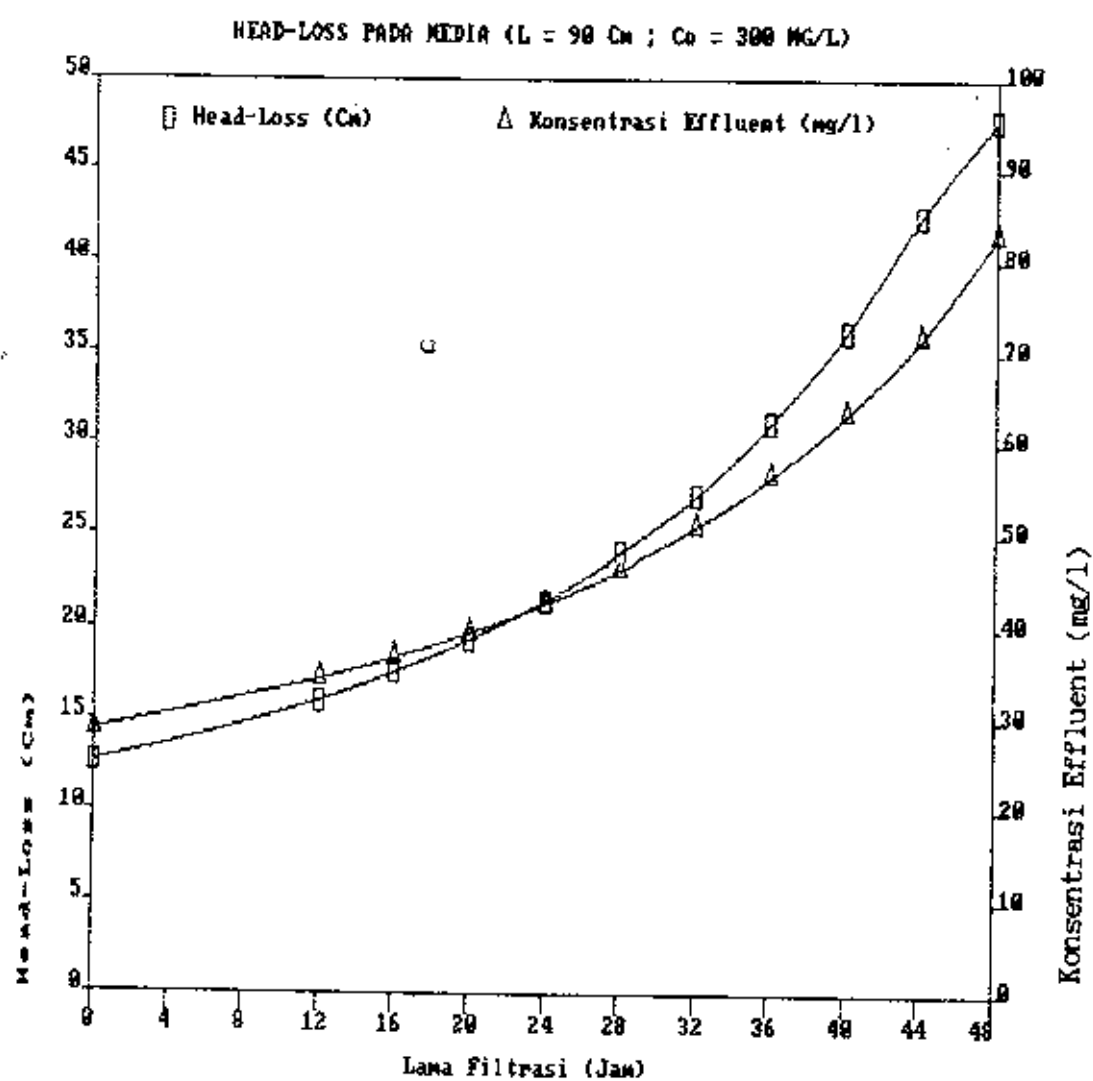
Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	D
158400	0.24686	0.25681	0.21817	0.16217	0.90547	0.68663	1.19119	4.08302	0.05466
158400	0.19036	0.21133	0.16674	0.16699	1.16849	0.77765	2.44916	3.43208	0.07828
158400	0.12890	0.16295	0.12090	0.17123	1.58756	0.84987	5.35315	2.65221	0.11954
158400	0.09939	0.11034	0.07748	0.14287	1.98678	0.91051	9.72062	2.18257	0.16937
158400	0.08179	0.08508	0.05837	0.12682	2.29938	0.93481	13.85474	1.90185	0.20765
158400	0.07884	0.07001	0.04741	0.03524	0.77854	0.94810	1.64479	4.97966	0.06426
158400	0.05991	0.06749	0.04560	0.04567	1.04717	0.95024	2.99271	3.70418	0.08707
158400	0.03688	0.05129	0.03419	0.04842	1.46475	0.96348	6.06875	2.65574	0.12754
158400	0.03144	0.03157	0.02072	0.03820	1.88211	0.97843	10.44569	2.07156	0.17302
158400	0.02892	0.02692	0.01760	0.03824	2.21080	0.98178	14.55083	1.76422	0.20580

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spersitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) kg/m3
5.83637	1.02804	0.22319	2.41230	10.90720	50.05330	0.12467	0.16719	-0.39162	0.30894
6.61005	0.90771	0.26867	2.74867	10.08552	41.65983	0.06553	0.08614	0.55482	0.29227
7.22387	0.83058	0.31705	3.41714	8.85063	31.72924	0.03422	0.04704	1.26332	0.24182
7.73933	0.77526	0.36966	3.99160	8.06275	25.43751	0.00912	0.01323	1.82943	0.20151
7.94592	0.75510	0.39492	4.49953	7.50363	21.92160	0.00412	0.00629	2.03928	0.17293
6.06783	0.98882	0.31999	1.99502	12.22373	52.87845	0.00890	0.01009	2.03056	0.16804
6.08154	0.98659	0.32251	2.67734	10.24588	39.70695	0.03628	0.04572	2.05534	0.13525
6.16624	0.97304	0.33871	3.69355	8.44705	28.60569	0.02821	0.03968	2.20573	0.08960
6.26193	0.95817	0.35843	4.67345	7.33482	22.34191	0.00468	0.00713	2.37037	0.07747
6.28340	0.95490	0.36308	5.47085	6.67327	19.21300	0.00173	0.00277	2.40661	0.07169
						0.31745	0.42529		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	O
172800	0.24686	0.26016	0.24977	0.18566	0.92896	0.62545	1.08505	3.71921	0.05373
172800	0.19036	0.23054	0.18721	0.18749	1.18899	0.74270	2.33909	3.27783	0.07611
172800	0.12830	0.17777	0.13422	0.19010	1.60643	0.82975	5.22645	2.58944	0.11672
172800	0.09939	0.12037	0.08536	0.15739	2.00130	0.90007	9.60920	2.15755	0.16668
172800	0.08179	0.09282	0.06412	0.13931	2.31187	0.92765	13.74862	1.86728	0.20515
172800	0.07884	0.07638	0.05200	0.03865	0.78195	0.94259	1.63524	4.95073	0.06335
172800	0.05991	0.07363	0.05001	0.05008	1.05158	0.94499	2.97618	3.68372	0.08588
172800	0.03688	0.05595	0.03744	0.05302	1.46935	0.95976	6.04534	2.64550	0.12627
172800	0.03144	0.03444	0.02265	0.04176	1.88567	0.97632	10.42325	2.06711	0.17201
172800	0.02892	0.02936	0.01924	0.04179	2.21435	0.98002	14.52479	1.76106	0.20478

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spersitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap-Lapisan) kg/m <sup>3</sup>
5.31633	1.12860	0.19984	2.71697	8.83337	45.92565	0.14573	0.18703	1.04471	0.32445
6.31297	0.95042	0.24946	2.92849	9.70924	40.19320	0.07608	0.10473	0.19720	0.31812
7.05289	0.85071	0.30223	3.54156	8.66273	31.30341	0.03842	0.05379	1.07043	0.27093
7.65063	0.78425	0.35963	4.06739	7.97228	25.36609	0.00984	0.01434	1.72928	0.22790
7.88506	0.76093	0.38718	4.55889	7.44485	21.91342	0.00436	0.00667	1.97617	0.19651
6.03259	0.99460	0.31362	2.01547	11.90787	52.83319	0.00944	0.01054	1.96627	0.19113
6.04794	0.99207	0.31637	2.70357	10.18614	39.67922	0.03838	0.04860	1.99438	0.15482
6.14246	0.97601	0.33405	3.71951	8.41163	28.60630	0.02941	0.04148	2.16396	0.10337
6.24848	0.96023	0.35556	4.69238	7.31704	22.35056	0.00480	0.00732	2.34755	0.08951
6.27215	0.95661	0.36064	5.48948	6.65968	19.22062	0.00176	0.00283	2.38766	0.08289
						0.35822	0.47733		





TABEL (Perhitungan - 8) : PERHITUNGAN FILTER DENGAN KEDALAMAN MEDIA 90cm DAN  $U = 0,004166$  M/DET  
Koefisien filtrasi = 2,599302

Jenis Media	Co	Ce	L (total) (m)	Koefisien Filter	Flow-rate (m/det)	Shape Faktor	Speris sitas	Porositas	d (mean) ( mm )	X Fraksi
Batu bara	0.3	0.028916	0.9	2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48	0.74330	0.1500
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48	1.00150	0.2000
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48	1.41633	0.3000
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48	1.84391	0.2000
				2.599302	0.004166	8.5	0.7	0.48	2.17256	0.1500
Pasir Kwarsa				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39	0.74330	0.0342
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39	1.00150	0.2560
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39	1.41633	0.4524
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39	1.84391	0.1486
				2.599302	0.004166	6.4	0.94	0.39	2.17256	0.0781

X Fraksi	Tebal Media ( m )	N Re	f'	Cd	Head-Loss Car-Koz ( m )	Head-Loss Rose ( m )
0.1500	0.0750	2.69637	30.67779	8.90086	0.036785	0.045625
0.2000	0.1000	3.63301	23.21982	6.60610	0.027552	0.033509
0.3000	0.1500	5.13783	16.93151	6.92953	0.021310	0.037282
0.2000	0.1000	6.68890	13.41110	5.91505	0.008643	0.016296
0.1500	0.0750	7.88110	11.64709	5.36068	0.004778	0.009401
0.0342	0.0141	3.62084	27.02039	6.62830	0.009930	0.010925
0.2560	0.1056	4.87861	20.50534	7.14816	0.041864	0.065453
0.4524	0.1867	6.89937	15.01208	5.80612	0.038298	0.066434
0.1486	0.0613	8.98224	11.93676	4.95611	0.007683	0.014308
0.0781	0.0322	10.58320	10.39578	4.49161	0.002985	0.005784
	0.9				0.199827	0.305018

## LAMA FILTRASI 12 JAM

Lama Operasi (det)	De Outflow (Tiap-Lapisan) : kg/m <sup>3</sup>	Specific Deposit (tiap-Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
43200	0.24686	0.14006	0.10133	0.07532	0.81862	0.87813	1.52342	5.22178	0.06510
43200	0.19036	0.11525	0.08132	0.08144	1.08294	0.90546	2.85168	3.99614	0.09128
43200	0.12890	0.08887	0.06118	0.08665	1.50298	0.93134	5.86632	2.90647	0.13457
43200	0.09939	0.06018	0.04041	0.07451	1.91842	0.95632	10.20974	2.29239	0.18314
43200	0.08179	0.04640	0.03081	0.06694	2.23950	0.96729	14.33608	1.96792	0.22033
43200	0.07884	0.03818	0.02519	0.01872	0.76202	0.97354	1.68894	5.11330	0.06880
43200	0.05991	0.03681	0.02425	0.02429	1.02579	0.97457	3.06934	3.79902	0.09297
43200	0.03688	0.02797	0.01830	0.02592	1.44225	0.98103	6.17930	2.70412	0.13388
43200	0.03144	0.01722	0.01117	0.02060	1.86451	0.98858	10.55406	2.09305	0.17810
43200	0.02892	0.01468	0.00951	0.02066	2.19322	0.99031	14.67725	1.77955	0.21091

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesifisitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f*	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	De Outflow (Tiap-Lapisan) : kg/m <sup>3</sup>
7.46413	0.80384	0.33994	3.41013	7.03785	30.78376	0.10430	0.11339	1.52836	0.26751
7.69641	0.77958	0.36475	4.37506	7.63100	23.52978	0.06455	0.09640	1.77798	0.22394
7.91638	0.75792	0.39113	5.90329	6.37551	17.22116	0.04082	0.06772	2.00869	0.16568
8.12876	0.73812	0.41982	7.33817	5.59524	13.60944	0.01333	0.02401	2.22672	0.13261
8.22197	0.72975	0.43360	8.46921	5.13412	11.78169	0.00665	0.01258	2.32113	0.11142
6.23068	0.96298	0.35182	3.60277	6.91118	27.91755	0.01384	0.01496	2.31719	0.10783
6.23725	0.96196	0.35319	5.11369	6.94914	20.72286	0.05762	0.09025	2.32841	0.08432
6.27857	0.95563	0.36203	7.14248	5.68673	15.14807	0.04881	0.08465	2.39848	0.05388
6.32689	0.94833	0.37278	9.16312	4.89718	12.01752	0.00893	0.01660	2.47926	0.04628
6.33799	0.94667	0.37532	10.75967	4.44726	10.45863	0.00339	0.00657	2.49764	0.04270
						0.36224	0.52712		

## LAMAR FILTRASI 16 JAM

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-Lapisan)	Specific Deposit (tiap-Lapisan)	(D/d)	D (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	0
57600	0.24686	0.18675	0.14258	0.10598	0.84928	0.81677	1.41696	4.85687	0.06038
57600	0.19036	0.15367	0.11282	0.11299	1.11449	0.86172	2.71392	3.80308	0.08581
57600	0.12890	0.11850	0.08387	0.11879	1.53512	0.90206	5.68192	2.81510	0.12842
57600	0.09939	0.08024	0.05481	0.10107	1.94498	0.93918	10.02671	2.25129	0.17757
57600	0.08179	0.06187	0.04161	0.09039	2.26295	0.95493	14.15292	1.94278	0.21522
57600	0.07884	0.05091	0.03393	0.02522	0.76852	0.96377	1.67198	5.06196	0.06699
57600	0.05991	0.04908	0.03266	0.03271	1.03421	0.96521	3.03986	3.76254	0.09061
57600	0.03688	0.03729	0.02458	0.03482	1.45115	0.97421	6.13636	2.68533	0.13135
57600	0.03144	0.02296	0.01496	0.02759	1.87150	0.98459	10.51148	2.08461	0.17607
57600	0.02892	0.01957	0.01273	0.02765	2.20021	0.98695	14.62745	1.77351	0.20887

Perubahan Shape Faktor	Perubahan (Spesis- sitas)	Perubahan Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (tiap-Lapisan) kg/m3
6.94253	0.86424	0.29325	3.80365	6.30973	29.62112	0.15007	0.16457	0.94405	0.27949
7.32460	0.81916	0.32633	4.73110	7.28105	23.10874	0.08681	0.13276	1.37529	0.24358
7.66753	0.78252	0.36150	6.22521	6.17560	17.13490	0.05116	0.08523	1.74729	0.18742
7.98304	0.75159	0.39976	7.57555	5.48938	13.63500	0.01550	0.02776	2.07760	0.15226
8.11693	0.73920	0.41813	8.66865	5.06292	11.61853	0.00746	0.01402	2.21468	0.12896
6.16813	0.97274	0.33909	3.87409	6.19501	27.33972	0.01548	0.01670	2.20903	0.12500
6.17734	0.97129	0.34092	5.20564	6.87523	20.74129	0.06419	0.10104	2.22511	0.09882
6.23494	0.96232	0.35271	7.23682	5.64213	15.16666	0.05292	0.09201	2.32446	0.06403
6.30137	0.95217	0.36704	9.23472	4.87436	12.03112	0.00938	0.01745	2.43674	0.05514
6.31648	0.94990	0.37043	10.83071	4.42973	10.46928	0.00354	0.00685	2.46196	0.05093
						0.45650	0.65837		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
72000	0.24686	0.23343	0.19043	0.14155	0.88485	0.73704	1.27864	4.38276	0.05625
72000	0.19036	0.19209	0.14766	0.14788	1.14938	0.80873	2.54705	3.56925	0.08066
72000	0.12890	0.14812	0.10809	0.15309	1.56942	0.86854	5.47079	2.71050	0.12244
72000	0.09939	0.10030	0.06976	0.12864	1.97255	0.92050	9.82728	2.20551	0.17208
72000	0.08179	0.07734	0.05270	0.11449	2.26705	0.94175	13.95752	1.91596	0.21016
72000	0.07884	0.06364	0.04286	0.09186	0.77516	0.95347	1.65411	5.00786	0.06517
72000	0.05991	0.06135	0.04124	0.04130	1.04280	0.95536	3.00885	3.72415	0.08825
72000	0.03688	0.04662	0.03096	0.04385	1.46018	0.96713	6.09174	2.66580	0.12881
72000	0.03144	0.02869	0.01879	0.03464	1.87855	0.98051	10.46790	2.07597	0.17404
72000	0.02892	0.02447	0.01597	0.03469	2.20725	0.98352	14.57665	1.76735	0.20683

Perubahan: Shape Faktor	Perubahan: (Spesifisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
6.26482	0.95773	0.24657	4.39166	5.46490	27.48398	0.21629	0.24702	0.13846	0.29690
6.87424	0.87282	0.28791	5.19886	6.88061	22.29548	0.11731	0.18842	0.86513	0.27229
7.38262	0.81272	0.33188	6.60994	5.95735	16.91170	0.06431	0.10901	1.43923	0.21942
7.82426	0.76685	0.37970	7.83887	5.37799	13.61961	0.01805	0.03229	1.91272	0.18122
8.00487	0.74954	0.40266	8.88361	4.98905	11.83607	0.00838	0.01567	2.10006	0.15481
6.10219	0.98325	0.32636	3.94977	6.07630	27.33275	0.01735	0.01872	2.09244	0.15031
6.11433	0.98130	0.32865	5.30297	6.79923	20.73975	0.07164	0.11358	2.11410	0.12022
6.18960	0.96337	0.34338	7.33518	5.59661	15.17741	0.05743	0.10022	2.24643	0.07904
6.27524	0.95614	0.36131	9.30811	4.85126	12.04255	0.00985	0.01835	2.39287	0.06825
6.29455	0.95321	0.36553	10.90323	4.41203	10.47860	0.00369	0.00715	2.42532	0.06312
						0.58431	0.85042		

Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap lapisan)	Specific Deposit (tiap lapisan)	(D/d)	D (mm)	d (mm)	x	S	Jumlah S	D
86400	0.24686	0.28012	0.24972	0.18561	0.92891	0.62557	1.08526	3.71992	0.05373
86400	0.19036	0.23050	0.18717	0.18745	1.18895	0.74277	2.33929	3.27811	0.07611
86400	0.12890	0.17774	0.13420	0.19006	1.60639	0.82979	5.22668	2.58955	0.11672
86400	0.09939	0.12035	0.08534	0.15736	2.00127	0.90009	9.60940	2.15759	0.16669
86400	0.08179	0.09281	0.06411	0.13929	2.31185	0.92767	13.74881	1.88731	0.20516
86400	0.07884	0.07637	0.05199	0.03865	0.78195	0.94260	1.63526	4.95078	0.06335
86400	0.05991	0.07362	0.05000	0.05008	1.05158	0.94500	2.97621	3.68375	0.08589
86400	0.03688	0.05594	0.03743	0.05302	1.46935	0.95977	6.04538	2.64552	0.12627
86400	0.03144	0.03443	0.02265	0.04176	1.88567	0.97633	10.42329	2.06712	0.17201
86400	0.02892	0.02936	0.01923	0.04179	2.21435	0.98003	14.52484	1.76107	0.20479

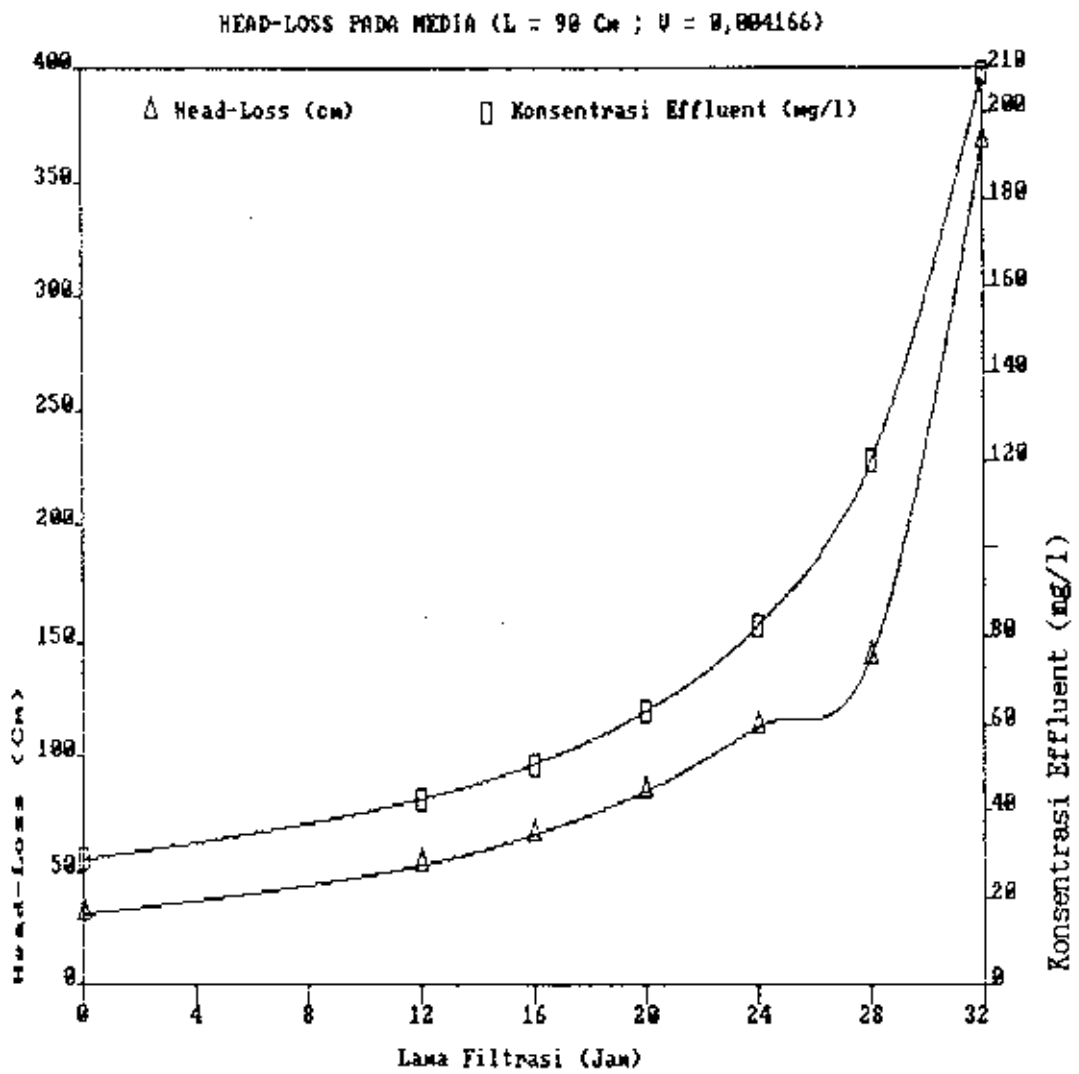
Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Sperisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (tiap lapisan) : kg/m3
5.31733	1.12839	0.19988	5.43188	4.41836	23.84511	0.30244	0.37389	1.04345	0.32442
6.31352	0.95034	0.24950	5.85545	5.40672	20.97578	0.15871	0.27623	0.19786	0.31806
7.05320	0.85068	0.30226	7.08165	5.71598	16.52924	0.08111	0.14190	0.10708	0.27087
7.65078	0.78423	0.35965	8.13334	5.26030	13.55982	0.02104	0.03782	1.72945	0.22785
7.88517	0.76092	0.38719	9.11627	4.91226	11.83318	0.00942	0.01759	1.97628	0.19646
6.03265	0.99459	0.31363	4.03030	5.95490	27.29532	0.01950	0.02108	1.96638	0.19109
6.04800	0.99206	0.31638	5.40626	6.72099	20.71737	0.08012	0.12823	1.99448	0.15478
6.14250	0.97680	0.33406	7.43785	5.55013	15.18008	0.06240	0.10943	2.16403	0.10334
6.24850	0.96023	0.35557	9.38335	4.82789	12.05175	0.01035	0.01931	2.34759	0.08948
6.27217	0.95661	0.36064	10.97731	4.39414	10.48656	0.00385	0.00746	2.38769	0.08286
						0.74894	1.13294		



Lama Operasi (det)	Ce outflow (tiap-lapisan)	Specific Deposit (tiap-lapisan)	(D/d)	0 (mm)	d Perubahan (mm)	x	S	Jumlah S	0
115200	0.24686	0.37349	0.32080	0.23845	0.98175	0.47337	0.82122	2.81489	0.03784
115200	0.19036	0.30734	0.29475	0.29519	1.29669	0.53150	1.67392	2.34572	0.07361
115200	0.12890	0.23699	0.19446	0.27541	1.69174	0.72992	4.59762	2.27789	0.10668
115200	0.09939	0.16047	0.11872	0.21891	2.06282	0.85309	9.10758	2.04492	0.15625
115200	0.08179	0.12374	0.08804	0.19127	2.36383	0.89646	13.28630	1.82382	0.19534
115200	0.07884	0.10192	0.07093	0.05272	0.79602	0.91901	1.59433	4.82687	0.05970
115200	0.05991	0.09816	0.06814	0.06824	1.06974	0.92257	2.90557	3.59632	0.08115
115200	0.03688	0.07459	0.05070	0.07181	1.48814	0.94416	5.94707	2.60249	0.12120
115200	0.03144	0.04591	0.03047	0.05619	1.90010	0.96767	10.33008	2.04879	0.16795
115200	0.02892	0.03915	0.02584	0.05614	2.22870	0.97282	14.41806	1.74812	0.20070

Perubahan Shape Faktor	Perubahan: (Spesifisitas)	Perubahan: Porositas	N Re	Cd	f'	HL Car-Koz	HL Rose	Koefisien: Filter	Ce Outflow (Tiap-lapisan) kg/m3
4.02366	1.49118	0.10651	7.58662	3.16346	19.41582	1.30139	2.37743	-6.51575	0.48905
4.51776	1.32809	0.17266	8.92444	4.97534	15.65572	0.25851	0.61364	-2.02748	0.59897
6.20431	0.96707	0.24301	8.47830	5.13082	15.14284	0.12957	0.25464	0.06438	0.59321
7.25125	0.82744	0.31953	8.84540	5.00197	13.28944	0.02873	0.05307	1.29388	0.52122
7.61991	0.78741	0.35626	9.64572	4.74866	11.76078	0.01194	0.02242	1.69647	0.45895
5.80166	1.02012	0.28818	4.20817	5.70319	27.12292	0.02481	0.02713	1.68086	0.44819
5.90446	1.01616	0.29184	5.63337	6.55708	20.60611	0.10093	0.16582	1.72507	0.37352
6.04261	0.99295	0.31541	7.65751	5.45405	15.16011	0.07393	0.13143	1.98464	0.25787
6.19310	0.96882	0.34409	9.53973	4.78024	12.06335	0.01145	0.02144	2.25249	0.22460
6.22607	0.96369	0.35085	11.13030	4.35780	10.49836	0.00419	0.00815	2.30929	0.20849
						1.94544	3.67517		





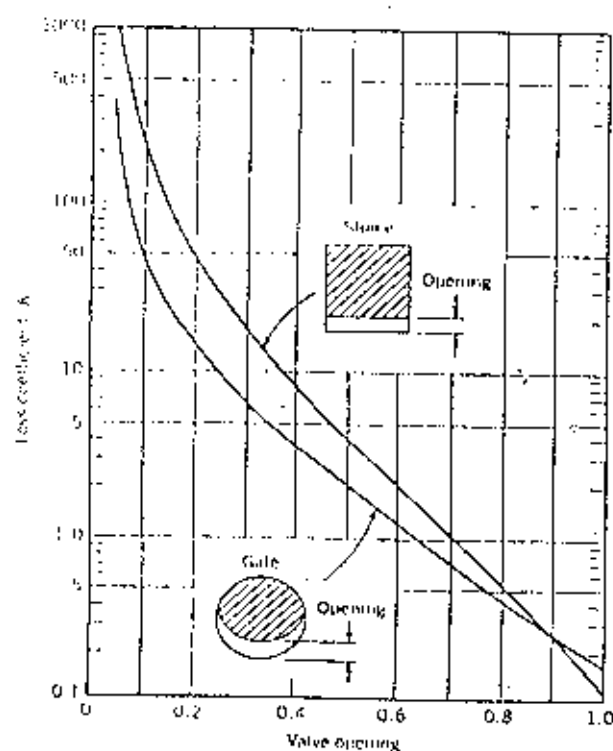


[illegible]

t = 20Jam			t = 24Jam			t = 28Jam		
HL	Koefisien	Outflow	HL	Koefisien	Outflow	HL	Koefisien	Outflow
Rose	Filter	(Tiap- Lapisan) (kg/m3)	Rose	Filter	(Tiap- Lapisan) (kg/m3)	Rose	Filter	(Tiap- Lapisan) (kg/m3)
0.30973	0.13046	0.29721	0.51042	-1.04345	0.32189	0.73704	-2.94574	0.36600
0.17583	0.80746	0.27638	0.26064	0.10523	0.31086	0.39646	-0.86436	0.39560
0.10415	1.35949	0.23004	0.13793	0.95463	0.28030	0.18658	0.45432	0.37207
0.03113	1.83439	0.19503	0.03711	1.62400	0.24219	0.04465	1.38555	0.32845
0.01508	2.02895	0.17007	0.01720	1.88347	0.21327	0.01972	1.72393	0.29237
0.02380	2.00604	0.16590	0.02771	1.85333	0.20845	0.03233	1.68528	0.28635
0.10840	2.02889	0.13753	0.12507	1.88339	0.17514	0.14525	1.72388	0.24417
0.09507	2.17081	0.09647	0.10580	2.06758	0.12494	0.11817	1.95706	0.17735
0.01715	2.33418	0.08512	0.01832	2.27453	0.11059	0.01959	2.21234	0.15750
0.00565	2.37171	0.07961	0.00703	2.32133	0.10358	0.00745	2.26911	0.14774
0.08706			1.24724			1.70730		



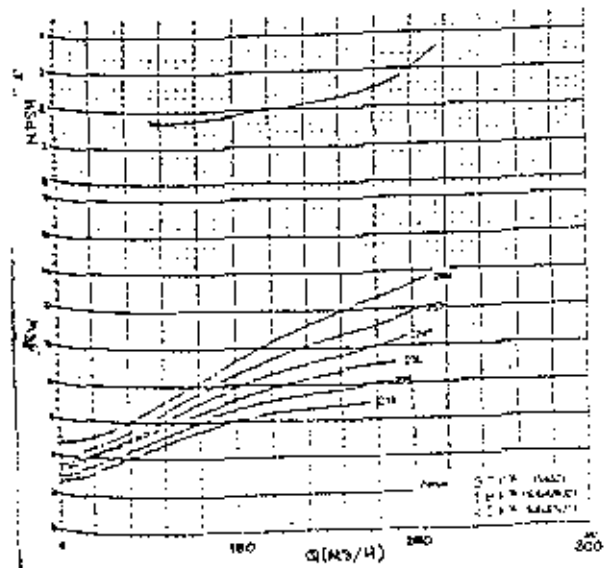
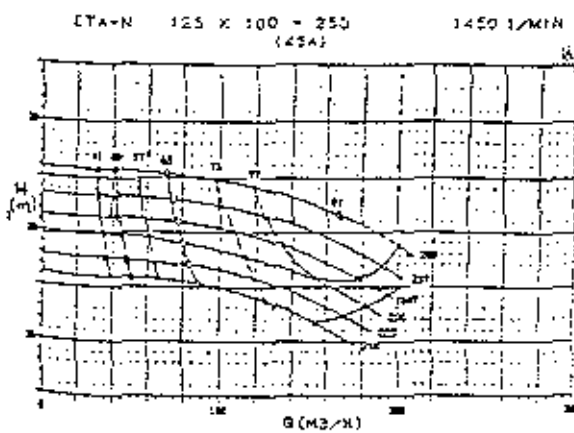
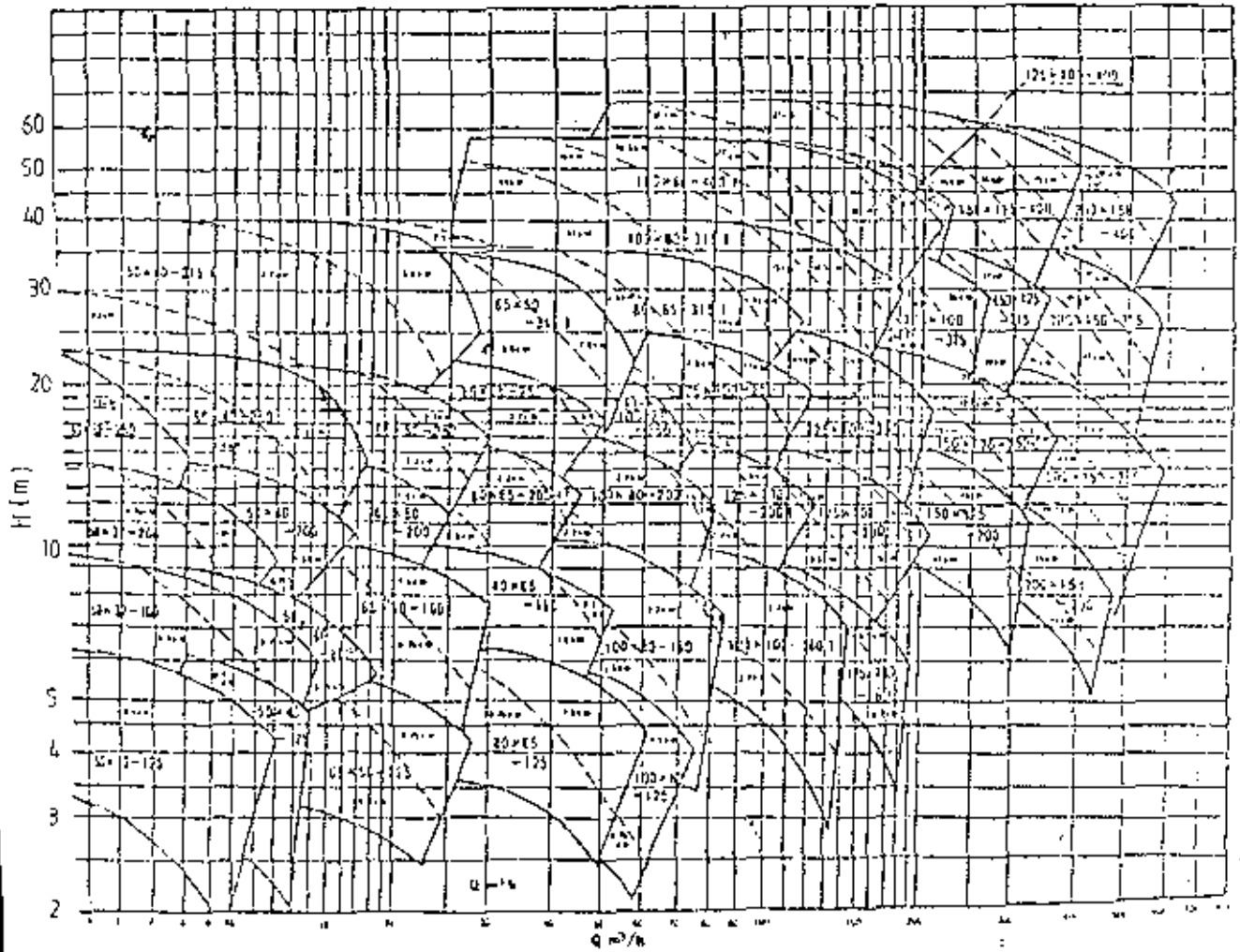
[illegible][illegible]



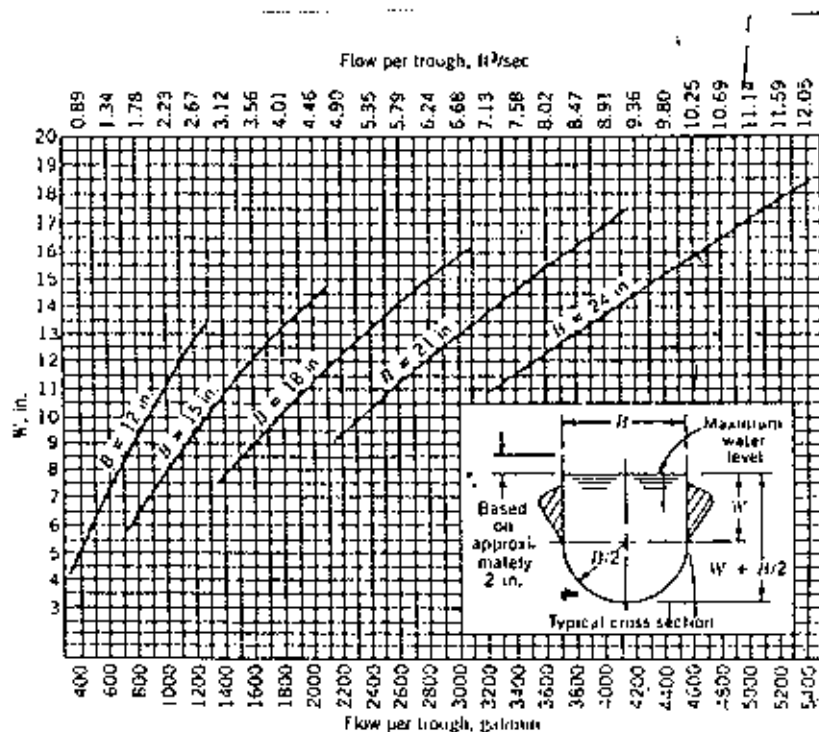
Gate and sluice valve loss coefficients (seat area = pipe area) (Miller, 1978). Reprinted with permission.

Gambar : Koefisien Nilai  $K$  Pada Head-loss Gate Valve

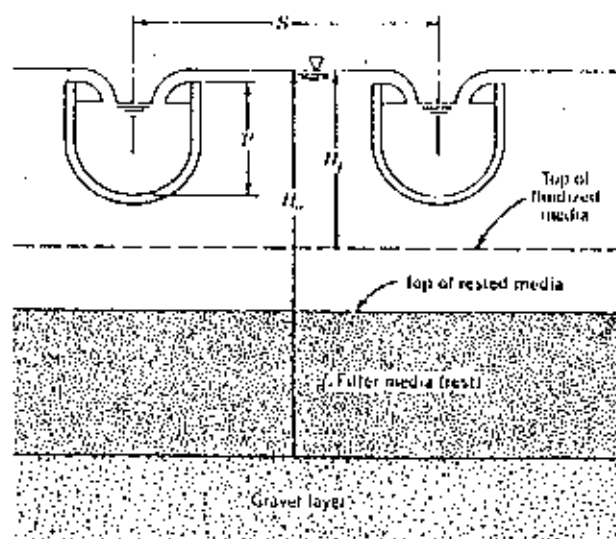
50 Hz - 4P



Gambar : Spesifikasi Pompa ETA-N (50 x 32 x 125)



Wash-through sizing diagram. (Courtesy of Leopold Co.)



Height and spacing of wash troughs.

Gambar : Kedalaman dan Lebar Dari Saluran Air Pencuci



## KEPUSTAKAAN

---

1. American Work Association (1971). *Water Quality and Treatment*. Mc Graw-Hill Book Company.
2. Arun K. Deb, M. ASCE (june 1969). *Theory of Sand Filtration*. Journal of Sanitary Engineering Division.
3. ASCE, AWWA, Conferance of State Sanitary Engineering (1969). *Water Treatment Plant Design*. AWWA Inc.

4. Appiah Amirtharajah, M.ASCE (Oktober 1978). *Optimum Backwashing of Sand Filters*. Journal of The Environmental Engineering Division.
5. Charles R.Cox. (1969). *Operation and Control OF Water Treatment Processes*. World Health Organization Geneva.
6. Degremont (1978). *Water Treatment Handbok*. Halsted Press New-york.
7. Fair, Geyer, Okun (1968). *Water and Wastewater Engineering Volume 2*. Jahn Wiley and Sons,Inc.
8. Gordon L.Culp, Russel L.Culp (1974). *New Concept In Water Purification*. Van Nostrand Reinhold Company.
9. Huisman (1972). *Rapid Filtration*. Delft University Of Technology.
10. John W.Clark, Warreen Viessman Jr, Mark J.Hammer (1977). *Water Supply and Polution Control*. Thomas Crowell Company.
11. James M.Montgomery, Consulting Engineers, Inc (1985). *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley and Sons,Inc.
12. Proceedings of The International Symposium (1982). *Water Filtration*. Anwerp Belgium.
13. M.Anis AL-Layla, Shamin Ahmad, E.Joe Middlebrooks (1978). *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publishers,Inc.
14. Reynold, Tom.D. (1982). *Unit Operation of Sanitary Engineering*. Brooks/Cole Engineering Division.
15. Robert L.Sanks (1982). *Water Treatment Plant Design*. Ann Arbour Science.
16. Schulz, Christopher R (1987). *Surface Water Treatment for Communities in Reveloping Countries*. Publ Canada.

17. Thomas R.Camp, Hon M.ASCE, S.David Graber, A.M.ASCE and Gerard F.Conklin (December 1971). *Backwashing of Granular Filter*. Journal of The Sanitary Engineering Division.
18. Walter J.Weber JR (1972). *Physicochemical Proseses For Water Quality Control*. John Wiley and Sons,Inc.
19. Linvil G.Rich (1974). *Unit Operation of Sanitary Enginee - ring*. Photo-Offset,Linvil G.Rich Clemson, S.C.
20. Luiz Di Bernardo A. M. ASCE and John L. Cleasby M. ASCE. (1980). *Declining-Rate Versus Constant-Rate Filtration*. Journal of The Environmental Engineering Division.